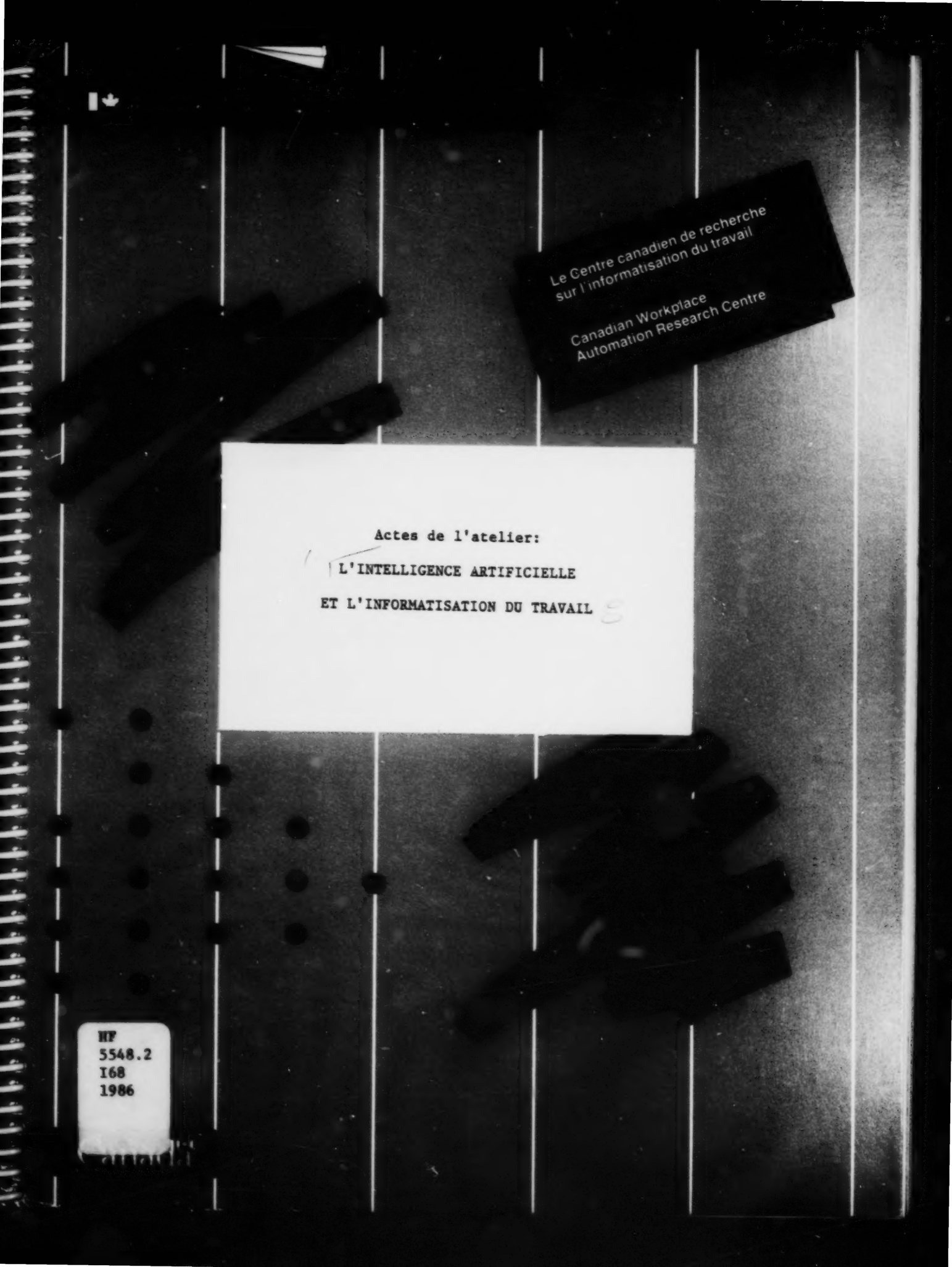


Actes de l'atelier:

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET L'INFORMATISATION DU TRAVAIL

HF
5548.2
I68
1986

HF
5548.2
I68
1986

Actes de l'atelier:

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

ET L'INFORMATISATION DU TRAVAIL

Cet atelier fut réalisé par
l'Association de recherche en communication du Québec

en collaboration avec
le Centre canadien de recherche sur l'informatisation du travail

Le 29 avril 1986

COMMUNICATIONS CANADA
JUIN 19 1986
LIBRARY – BIBLIOTHÈQUE

Les opinions exprimées dans ce document n'engagent que les auteurs.

MCC-CCRIT-86-C00

92-05139/

AVANT-PROPOS

Qu'est-ce que l'intelligence artificielle peut apporter au processus d'informatisation du bureau?

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET L'INFORMATISATION DU BUREAU

En permettant d'accroître la souplesse des programmes informatiques, l'application des techniques dérivées de l'intelligence artificielle élargit les perspectives qui doivent être intégrées lors de la conception et de l'analyse de systèmes informatiques dans les bureaux. Le potentiel est si grand que le terme "analyse de systèmes" tendra à être remplacé par "ingénierie des connaissances" ou "génie cognitif".

C'est la conception même de l'informatisation du bureau qui est bouleversée. Trois facettes relativement nouvelles seront explorées lors de cet Atelier:

Ergonomie cognitive

L'apport de l'ergonomie cognitive à la construction du logiciel est importante tant au niveau du choix des représentations dans un logiciel que de la communication entre l'usager et la machine (interface d'usager). Comment tenir compte des modes de raisonnement familiers aux usagers dans la conception des systèmes informatiques? Ceux-ci, plus sophistiqués grâce aux nouveaux outils logiciels et l'ergonomie cognitive, deviennent une source d'information déterminante dans la conception du logiciel.

Systèmes experts

Les principales applications d'intelligence artificielle se trouvent actuellement du côté des systèmes experts. Comment faut-il s'y prendre pour développer un système expert? Quel est leur rôle dans la gestion de l'information, l'aide à la prise de décision? Quelle est leur place par rapport aux ressources informationnelles et informatiques existantes dans une organisation?

Traitement des langues naturelles

La demande potentielle pour divers logiciels d'analyse linguistique apparaît énorme car le domaine de l'analyse du texte pourrait être aussi vaste que l'actuel domaine du traitement des données (numériques de façon prédominante). La traduction de texte, la formalisation d'un cadre règlementaire grâce à un langage logique, et les activités si courantes de rédaction et d'analyse de texte sont autant d'axes d'applications reliées au traitement des langues naturelles dans le contexte de l'informatisation du bureau.

Tel était le contenu général de cet Atelier tenu le 29 avril 1986 à la Ville de Laval, dans les locaux du Centre canadien de recherche sur l'informatisation du travail. Neuf conférences. Et un débat tourné sur les stratégies de recherche développement dans les marchés à venir.

L'Atelier a été patroné et financé par le CCRIT qui a confié un mandat d'organiser l'Atelier à l'Association de recherche en communication du Québec. Le conseil d'administration de l'ARCQ m'a transmis le mandat que j'ai accepté avec enthousiasme. Je tiens à remercier toutes les personnes qui y sont venues comme conférenciers, ainsi que Michèle Guay, Lise Ladouceur, Jocelyne Lavoie, Jacqueline Boileau et Nathalie Hazen qui m'ont, à divers titres, aidé directement à la préparation ou la réalisation de l'Atelier et des présents Actes.

Richard Parent

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos 1

INTRODUCTION 5

ERGONOMIE COGNITIVE

Luc Giroux. L'ergonomie cognitive des systèmes in- 9
formatiques.

Jean-Marc Robert. Apprentissage des systèmes informa- 23
tiques par exloration.

Carl H. Frederiksen. Représentation sématique et 37
grammaires cognitives: Application de ces théories
pour l'analyse du raisonnement expert et la formation
des novices.

SYSTÈMES EXPERTS

Daniel Delmas. Pour comprendre les systèmes ex- 43
perts.

Bernard Espinasse. Systèmes d'information organisa- 57
tionnels et intelligence artificielle: quelques
perspectives.

François Labrousse. Systèmes experts et systèmes 79
d'information existants.

TRAITEMENT DES LANGUES NATURELLES

Pierre Isabelle. Bilan et perspectives de la traduc- 91
tion assistée par ordinateur.

Stan Matwin. Applications du langage LESK à la for- 109
mulation de règles administratives.

Pierre Plante. Potentiel d'applications de Déredec 119
dans le contexte de la bureautique.

DÉBAT 149

Nom et adresse des participants 171
(conférenciers et invités)

INTRODUCTION

Madame Jocelyne Lavoie, présidente de l'Association de la recherche en communication du Québec.

L'Atelier d'aujourd'hui est organisé en collaboration avec le Centre de recherche sur l'informatisation du travail, et il correspond d'emblée aux objectifs de l'Association de recherche en communication du Québec (ARCQ). Pour ceux qui ne connaissent pas l'Association, elle a été fondée en avril 1980 par un groupe de chercheurs québécois intéressés à promouvoir le domaine de la communication et la recherche en communication. C'est une association à but non lucratif qui regroupe environ 200 membres individuels et près de 20 membres institutionnels, dont à titre d'exemple, et plus près de la problématique de ce matin, Bell Canada, Vidéotron, Vidéoway, Econosult, CEGIR; des universités aussi, Université de Montréal, Université Concordia, Université du Québec à Montréal et d'Ottawa. Les membres réguliers de l'ARCQ sont en majorité des chercheurs en communication, soit en milieu universitaire, soit en milieu appliqué, mais aussi des praticiens qui ont à utiliser à l'occasion des travaux de recherche en communication. L'ARCQ, n'a pas de revue scientifique, ça sera peut-être un objectif dans les années à venir. On a par contre, un Bulletin de liaison qui nous permet d'atteindre un des objectifs de l'ARCQ qui est d'assurer la diffusion des travaux de recherche. Il y a pas de publication comme telle à l'intérieur du Bulletin de liaison, mais comme il y a un réseau de correspondants important, ça nous permet d'être au fait des principales recherches qui ont cours actuellement en communication. C'est un avantage parce que souvent ce ne sont pas des recherches qui sont publiées ou déposées, mais des travaux qui sont effectivement en cours, et ça permet de pouvoir entrer en communication directement avec les chercheurs qui sont en plein processus, en pleine démarche. L'ARCQ organise aussi des activités comme celle-ci, il y a des séminaires d'une demi-journée et divers ateliers plus restreints. Le plus récent était une présentation des travaux d'André Caron et Luc Giroux sur l'utilisation du micro-ordinateur.

En terminant vous avez sûrement vu à l'entrée le dépliant qui annonce le congrès de l'ARCQ de cette année qui porte sur les rapports entre culture et industries. C'est une préoccupation qui actuellement nous apparaît importante surtout dans le contexte du libre échange. Il y a trois domaines particuliers qui vont être examinés à l'intérieur du congrès soit la musique, le logiciel et le cinéma. On vous invite à être présent au congrès et sur ce, je vous souhaite une bonne journée et je cède la parole à Michèle Guay.

Michèle Guay, directrice de la recherche organisationnelle, Centre canadien de recherche sur l'informatisation du travail.

Pour ma part, je veux vous souhaiter la bienvenue au Centre Canadien de recherche sur l'informatisation du travail (CCRIT). Cette journée est un exemple de collaboration, d'un type que le Centre veut poursuivre, avec des Associations et avec différents partenaires. Quand je dis bienvenue, c'est bienvenue au nom du directeur général, Jacques Lyrette, qui malheureusement ne peut pas être ici mais souhaite une fructueuse journée à tout le monde. Bienvenue aussi au nom de mes collègues, Gilbert de Couvreur, directeur des systèmes intégrés, Paul Hébert, que vous aurez le plaisir d'entrendre cet après-midi et qui dirige une unité qui s'appelle technologie avancée, moi-même et mon équipe de recherche organisationnelle, ainsi que tout le personnel du Centre. Je vais reprendre un peu le flambeau, je vois qu'avec beaucoup d'à-propos, Jocelyne a présenté l'Association que certainement plusieurs d'entre vous, étant membres, connaissent, mais toutefois c'est un rappel des objectifs. Pour ma part, je vais faire la même chose pour ma boîte, le Centre canadien.

Plusieurs d'entre vous le connaissent bien, certains sont nos partenaires ou "nos clients". Le Centre canadien, qui compte une année d'existence, est un Centre de recherche expérimentale qui fait le focus sur les intérêts des utilisateurs, tant du côté des systèmes intégrés de la bureautique, leur fonctionnalité, d'où le côté recherche technologique. Quant à la contribution de ces systèmes intégrés à la productivité des entreprises c'est le côté recherche organisationnelle. Evidemment, la journée d'aujourd'hui, pour nous, est importante d'abord parce que c'est une contribution à l'avancement de la recherche en soi, mais ce sont des recherches qui intéressent tout particulièrement l'unité qu'on appelle technologie avancée dont, vous aurez l'occasion aussi, en plus d'entendre Paul Hébert à la fin de la journée, d'entrendre un chercheur dont nous sommes très fiers, M. Pierre Isabelle, et dont les recherches courantes sont du côté de la traduction assistée par ordinateur. Le Centre, je pense, voit cette journée comme très importante aussi pour essayer d'exercer cette fonction de carrefour ou de catalyseur qui fait qu'on souhaite très fort, et on essaie de le faire concrètement, de placer les chercheurs universitaires, ou les chercheurs qui sont impliqués dans la recherche de fond avec les gens qui sont plus directement impliqués dans la commercialisation, ou dans la saisie rapide des opportunités commerciales, et faire en sorte que les idées circulent aisément et qu'on puisse faire déboucher peut-être plus rapidement la recherche sur des perspectives commerciales.

C'est une de nos façons très concrètes, peut-être même expérimentale, de faire du transfert d'expertise et du transfert de connaissance. Je rappelle aussi brièvement avant de terminer, qu'une autre façon de le faire, c'est un programme de collaboration et d'échange que nous avons ici. Ce programme de collabora-

tion et d'échange vise à ce que 50% du personnel ici au Centre provienne de l'extérieur de la Fonction publique fédérale et ils y sont prêtés, en provenance d'entreprises ou en provenance d'universités. Ils peuvent être prêtés pour une courte période, ça peut aller jusqu'à un an renouvelable, ou jusqu'à deux ans. Ça se négocie, au cas par cas, et c'est une façon concrète aussi de transférer, et les connaissances, et les personnes. Je vous remercie de votre attention et je vous souhaite une fructueuse journée et une bonne journée.

Richard Parent, (animation)

Avec l'Atelier d'aujourd'hui, il s'agit effectivement de permettre à des chercheurs qui s'y connaissent en méthodologies de faire état de leur travaux devant des gens qui sont plus connaissants des besoins du marché. Les chercheurs auront la parole pour les trois-quarts de la journée, mais il y aura un débat d'une heure trente en fin d'après-midi, ce qui va permettre des échanges entre les besoins et les méthodologies.

Le thème de la journée, c'est qu'il y a des méthodes, il y a des outils qui sont développés par les recherches en intelligence artificielle et qui peuvent être appliqués au niveau des systèmes experts par exemple. C'est un peu trois facettes de ces emprunts-là auxquelles on va prêter attention aujourd'hui. Il s'agit d'explorer, par rapport à l'informatisation du bureau, ces 3 facettes:

- l'ergonomie cognitive: on a des moyens plus puissants pour représenter les connaissances, pour tenir compte des besoins de l'usager surtout au moment où l'informatique se rapproche de plus en plus de l'usager. L'ergonomie cognitive est un des moyens que l'on a pour effectivement essayer de faire de meilleurs logiciels ou progiciels.

- Les deux autres volets, ce sont des volets qui sont des créneaux où il y aura sûrement de nombreux développements dans les années à venir, peut-être l'an prochain. Mais d'ici 3 à 5 ans, il s'agira sûrement de secteurs en grande croissance. J'ai nommé les systèmes experts et le traitement des langues naturelles.

L'ergonomie cognitive des systèmes informatiques

par

Luc Giroux, Ph.D.

Département de Communication
Université de Montréal

Note: Le document qui suit n'est qu'un compte-rendu schématique de la présentation du 29 avril 1986. Le lecteur se référera à Giroux (1986) et à Giroux et Larochelle (en préparation) pour une présentation plus approfondie des thèmes abordés ici.

Plan.:

1- L'ergonomie cognitive: définition et objectifs
2- Quatre modes d'intervention de l'ergonomie cognitive
3- Aperçu de quelques problématiques de recherche

1- L'ergonomie cognitive: définition et objectifs

-Définition:

Pour mieux comprendre ce qu'est l'ergonomie cognitive, il est utile de l'opposer à l'ergonomie traditionnelle.

L'ergonomie classique est la science du fonctionnement de l'Homme en activité, qui vise à adapter le travail à l'Homme, c'est-à-dire l'adaptation du poste de travail, des outils, des machines, des horaires et du milieu ambiant aux exigences de l'Homme. Par exemple, l'ergonome configure le tableau de bord d'une automobile de telle sorte que les commandes soient visibles et accessibles. L'ergonomie est une science récente (1949) axée sur les machines "industrielles" qui manipulent des objets et où l'interaction entre l'opérateur et la machine est de nature surtout psychomotrice.

Mais les appareils informatiques sont d'une autre nature: ils manipulent de l'information, et l'interaction entre l'usager et le système est avant tout d'ordre symbolique. Ce sont donc surtout les habilités cognitives (ou intellectuelles) de l'Homme qui sont mises à l'oeuvre lors de cette interaction.

L'ergonomie cognitive est donc la science qui étudiera les capacités et les limites cognitives de l'Homme, afin de comprendre les processus mentaux impliqués lors de l'interaction individu/ordinateur et de configurer les logiciels de telle sorte qu'ils soient adaptés aux compétences cognitives de l'usager.

Précisons que l'ergonomie cognitive est centrée sur l'individu, et non sur les problèmes d'ordre collectif ou sociologique liés à l'introduction des technologies en milieu de travail (ce qui ne veut pas dire que cette dimension soit absente). De la même façon, il s'agit d'une ergonomie cognitive; les aspects affectifs et motivationnels y seront donc des thèmes périphériques.

-Objets d'étude.

a) La psychologie de l'usager

Quelles sont les caractéristiques du traitement humain de l'information? Quelles sont les limites de la mémoire? De la perception? Quelles sortes de "programmes" mentaux sont exécutés pour résoudre un problème? Comment ces stratégies se développent-elles? Comment l'être humain parvient-il à automatiser certaines routines cognitives? Qu'est-ce qui caractérise et distingue les stratégies de l'expert et du novice? etc.

b) L'analyse des tâches

En quoi l'informatique vient-elle modifier l'exécution "naturelle" de la tâche? Quelle sorte de traitement mental exige la correction d'un texte? la recherche d'une information dans une banque de données? la conception d'un programme? Quelle sorte de modèle mental mental l'usager se fait-il de la tâche? Quels sont les algorithmes et/ou les heuristiques possibles pour accomplir la tâche? etc.

c) L'interface:

On peut définir l'interface comme l'ensemble des canaux de communication et des codes de transmissions de l'information partagés par l'usager et le système. C'est aussi la représentation mentale que se fait l'usager du fonctionnement du système.

La qualité de l'interface est sans doute l'un des déterminants les plus importants de la performance lors de l'interaction individu/ordinateur. C'est pourquoi la plupart des interventions en ergonomie cognitive se font au niveau de la conception et de l'évaluation de cette interface.

-Objectifs généraux

Intervenir au niveau du design et de l'évaluation des logiciels d'exploitation et d'application pour améliorer la performance du système individu-ordinateur et donc développer une interaction conviviale. L'ergonomie cognitive est une science appliquée: la plupart des chercheurs dans le domaine travaillent pour des firmes informatiques.

-Les critères de convivialité

1) Vitesse d'exécution des tâches (et non la vitesse d'opération du système ou son temps de réponse).

2) Fréquence et importance des erreurs

3) Facilité de correction des erreurs (système d'aide, commande "undo", etc.)

4) Vitesse et facilité d'apprentissage (attention à la différence entre un apprentissage minimal et la maîtrise du système)

5) Rétention de l'apprentissage (mnémonicité des commandes, etc)

6) Transférabilité des apprentissages (problèmes d'interférence d'un logiciel à l'autre, de cohérence des commandes, etc.)

7) Fonctionnalité du système (éventail des tâches exécutables)

8) Qualité du produit (lisibilité des texte, clarté des graphiques, etc)

9) Acceptabilité (les aspects motivationnels: maintien de l'intérêt de l'usager, fatigue, stress, etc)

Tout le problème, c'est qu'il faudra faire des **compromis** ("trade-off") entre ces critères qui sont parfois antagonistes.

2- Quatre modes d'intervention de l'ergonomie cognitive

Comment intervenir pour améliorer la convivialité? On peut distinguer quatre écoles, qui se complètent et s'interpénètrent.

A) L'école des "guidelines" (des "principes-à-suivre")

Objectifs:

fournir au concepteur de logiciel des principes, des recommandations, des règles, voire des standards à suivre lors du design de l'interface. Ces travaux sont assez populaires dans le milieu, parce qu'ils

répondent aux besoins les plus pressants. La **figure 1** montre deux exemples de ces recommandations.

Limites:

Ces recommandations ne sont pas toujours opérationnelles, elles ne sont pas toujours "user-friendly" pour le concepteur: principe trop général ou trop précis, principes contradictoires, etc. De plus, les principes s'appuient parfois sur des données de recherche, mais le plus souvent sur l'expérience et l'intuition de celui qui les émet. A la défense des "listes de recommandations", on peut toutefois soutenir qu'en l'absence de théorie générale du design ergonomique, il vaut mieux que le concepteur puisse se fier à des principes qui font un certain consensus plutôt qu'à sa seule intuition personnelle.

B) L'école expérimentale

Objectifs:

Comparer empiriquement et rigoureusement les alternatives de design, soit au moment de la conception (faciliter la prise de décision du concepteur), soit pour faire l'évaluation comparative de la performance de différents produits disponibles sur le marché.

Actuellement, on peut noter deux tendances. La première va vers le développement "d'environnements de design d'interface", logiciels qui permettent de simuler un certain nombre d'interfaces virtuelles qu'il est alors possible de tester à peu de frais. On tente aussi de mettre au point des bancs d'évaluation standardisés qui permettent de comparer des logiciels sous des dimensions communes. La **figure 2** illustre les résultats de tels tests. Huit logiciels d'édition de texte sont comparés sous quatre critères de performance.

Limites:

L'expérimentation est coûteuse et vient souvent trop tard. Elle peut permettre d'isoler le rôle de certaines variables, mais il est difficile d'élaborer une théorie complexe à partir de résultats expérimentaux (voir Newell, 1973).

The Elements of Friendly Software Design 21

1. Know your subject. 23
2. Know your audience. 26
3. Maintain the user's interest. 29
4. Communicate visually. 32
5. Lever the user's knowledge. 35
6. Speak the user's language. 37
7. Communicate with metaphors. 41
8. Focus the user's attention. 44
9. Anticipate problems in the user's perception. 46
10. If you can't communicate it, don't do it. 49
11. Reduce the user's defensiveness. 53
12. Give the user control. 57
13. Support the problem-solving process. 60
14. Avoid frustrating the user. 62
15. Help the user cope. 65
16. Respond to the user's actions. 67
17. Don't let the user focus on mechanics. 68
18. Help the user to crystallize his thoughts. 70
19. Involve the user. 73
20. Communicate in specifics, not generalities. 74
21. Orient the user in the world. 77
22. Structure the user's interface. 79
23. Make your product reliable. 83
24. Serve both the novice and the experienced user. 85
25. Develop and maintain user rapport. 87
26. Consider the first impression. 90
27. Build a model in the user's mind. 92
28. Make your design simple . . . 94
29. But not too simple. 97
30. You need vision. 99

Figure 1a (Heckel, 1984)

- Provide explicit instructions for getting out of each from

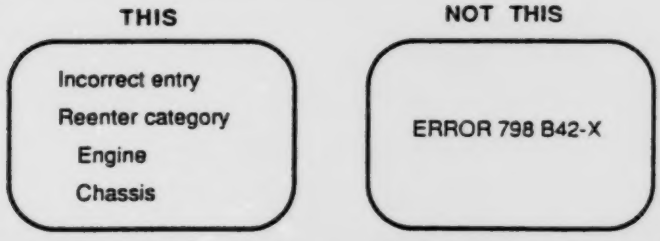
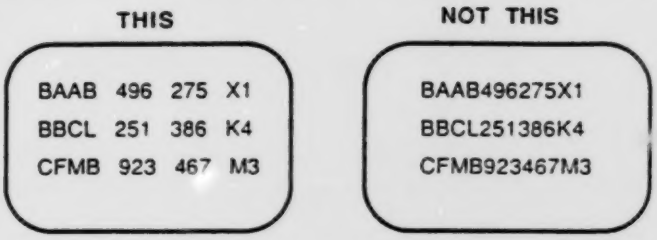


Figure 1b (Harris, 1986)

- Group strings of characters that do not have natural splits (CHUNKING).



Figures 1a et 1b.: Exemples de recommandations pour la conception de logiciels

Editor	Evaluation Scores			
	Functionality (% tasks)	Learning $M \pm CV$ (min/task)	Time $M \pm CV$ (sec/task)	Errors $M \pm CV$ (% time)
TECO	39%	19.5 ± .29	49 ± .17	15% ± .70
WYLBUR	42%	8.2 ± .24	42 ± .15	18% ± .85
EMACS	49%	6.6 ± .22	37 ± .15	6% ± 1.2
NLS	77%	7.7 ± .26	29 ± .15	22% ± .71
BRAVOX	70%	5.4 ± .08	29 ± .29	8% ± 1.0
WANG	50%	6.2 ± .45	26 ± .21	11% ± 1.1
BRAVO	59%	7.3 ± .14	26 ± .32	8% ± .75
GYPSY	37%	4.3 ± .26	19 ± .11	4% ± 2.1

Figure 2.: Résultats de l'évaluation expérimentale de huit logiciels d'édition de texte (Roberts et Moran, 1983).

C) L'école calculatoire

Objectifs:

Les tenants de cette école avancent que la performance ne peut être comprise (et donc manipulée avec efficacité) que par une analyse approfondie de la tâche telle qu'elle se présente du point de vue du sujet, c'est-à-dire en fonction des procédures qu'il doit suivre et des opérations qu'il doit effectuer. En estimant statistiquement les valeurs des paramètres ainsi identifiés (nb. d'opérations mentales, nb de touches pressées, nb de déplacement des mains et des yeux, etc.) il devient possible de calculer les conséquences des modifications suggérées par le concepteur. La méthode a été utilisée avec assez de succès par Card et al (1983) sur une tâche de correction de texte.

Limites:

L'analyse devient vite extrêmement complexe (Card et al. y ont mis plusieurs années). Il est donc incertain qu'on puisse facilement l'appliquer à des situations concrètes de design.

D) L'école des "interfaces intelligentes"

Objectifs:

Plusieurs se penchent actuellement sur la nécessité de doter les systèmes-experts d'une meilleure interface. A l'inverse, cette école suggère de mettre à profit les techniques de l'intelligence artificielle pour doter l'interface d'une composante experte.[1]

Plusieurs tentatives sont en cours dans ce domaine: système d'aide en cas d'erreur, système d'aide à la gestion de fichier, systèmes-tuteurs et consultants, systèmes de reconnaissance des plans, systèmes à interaction multimodale, etc. Les avantages potentiels des interfaces à base de connaissance sont évidents: il solutionneraient plusieurs des problèmes mentionnés à la section 1.

---

[1]Faute de temps, cette école n'a pas été abordée lors de la présentation.

Limites:

Les limites de cette école sont celles de l'intelligence artificielle, c'est-à-dire surtout les limites actuelles de notre compréhension de l'intelligence humaine. Attention aux promesses ambitieuses mais irréalistes!

3- Aperçu de quelques problématiques de recherche

a) Méthodologie du design

L'ergonomie cognitive est un domaine très actif et en développement rapide, mais qui ne satisfait pas aux exigences de sa clientèle principale: les concepteurs de systèmes et de logiciels. Nos résultats de recherche ne sont pas suffisamment "user-friendly" pour leurs besoins. Lorsque confrontés à un problème de design, ils disposent soit de principes souvent trop généraux et vagues, soit de données parcellaires venant de recherches faites en laboratoire et qui ne tiennent pas compte des contraintes de temps et de budget qui sont le lot des gens qui doivent développer un produit pour un marché en effervescence. Il en résulte que le temps de passage du laboratoire à la mise en marché du produit fini est souvent trop long (le demi-échec du "Star" de Xerox en est un bon exemple).

Plusieurs se penchent donc sur le développement d'une méthodologie du design qui permette de diminuer la longueur du cycle conception-test-ajustement. Comment tester l'interface sur des usagers réels (ce qui est selon nous une nécessité absolue) sans entraîner des coûts excessifs?

b) La variabilité des usagers

Il semble clair pour tous qu'une interface efficace doit être adaptée ou savoir s'adapter aux usagers. Le problème, c'est qu'on sait encore peu de choses sur la variabilité des individus face à l'interaction avec un système informatique. Au-delà de la fameuse distinction novice/expert, qui

est au demeurant très floue, on ne sait trop comment caractériser les variations possibles, et encore moins de quoi dépendent ces variations. Il ne s'agit pas seulement de variations en termes de connaissance, mais aussi dans le "style cognitif", la motivation, la façon d'organiser le travail, etc. L'interface ne pourra être adaptée à l'usager qu'à la suite de progrès significatifs dans ce domaine.

C) L'interface à "manipulation directe"

Baptisée ainsi par Shneiderman (1982), l'interface à "manipulation directe" telle qu'on la trouve sur le marché est celle où l'usager peut agir sur un fichier, un segment de texte ou une autre unité d'information en "pointant" directement sur sa représentation iconique. Elle se caractérise aussi par l'usage de "fenêtres", d'éditeurs "WYSIWYG" ("What you see is what you get"), de même que par l'utilisation d'une "souris" ou de son équivalent. Au niveau des appareils de bureautique, l'interface à manipulation directe utilise en général la "métaphore du bureau" (représentation des fichiers sous forme d'objets familiers: filière, bloc-note, panier, boîte à lettres, etc.)

Bien que sur le marché depuis assez longemps (le "Star" de Xerox fut conçu à la fin des années soixante-dix), il a fallu attendre qu'Apple mette en marché le "Lisa" puis le "Macintosh" pour qu'elle devienne connue d'un plus vaste public. Déjà imitée par plusieurs concurrents, on peut prévoir qu'elle deviendra de plus en plus populaire.

Il est intéressant de constater que cette innovation redonne à l'interaction individu/ordinateur son caractère analogique, et qu'on rend plus visuels les codes symboliques abstraits utilisés auparavant. La venue sur le marché des interfaces à manipulation directe ouvre la voie à beaucoup d'applications nouvelles.

d) Augmentation de l'espace de travail

On vante beaucoup la capacité de l'ordinateur de stocker et de donner accès à de vastes banques de données, qu'elle soient d'ordre numérique, alphanumérique ou graphique. Mais l'accès à toute cette information est limité par le goulot qu'est l'écran cathodique. Il s'agit en

effet d'un canal de communication étroit qui ne livre passage qu'à peu d'information (ex: 24 lignes X 80 colonnes de texte). Les interfaces à manipulation directe constituent déjà un progrès, mais on travaille à augmenter encore l' "espace de travail" de l'usager.

Parmi les solutions envisagées, on trouve le "spatialisation" de l'écran, où l'usager peut non seulement visualiser des objets, mais "naviguer" parmi eux (Bolt, 1984) , ainsi que le "fisheye-view", qui permet de faire le focus sur une partie de l'information tout en laissant le reste accessible, mais sous forme plus schématique. (Furnas, 1986). La figure 3 donne deux exemples de "fisheye view". On trouve aussi plusieurs travaux sur les interfaces utilisant d'autres modalités sensorielles comme la voix, le mouvement, le toucher, etc.

Conclusion

Au fur et à mesure que diminuent les coûts de traitement et de stockage, on prend concience de l'importance de l'interface-usager. Une fois réduit le coût du matériel, c'est en effet de l'efficacité de l'interaction entre l'usager et le logiciel que résulte la productivité réelle des systèmes informatique. C'est pourquoi l'ergonomie cognitive a pris au cours des dernières années une place de plus en plus importante dans la communauté informatique. Mais il reste encore beaucoup à accomplir.

D'une part, les développements théoriques sont presque nuls, parce les besoins du marché se font trop pressants. L'ergonomie cognitive souffre de sa popularité; la plupart des chercheurs étant rapidement embauchés par des firmes informatiques, on en trouve peu dans les universités et les centres de recherche.

D'autre part, les chercheurs en cognition n'ont pas encore vraiment trouvé leur place au sein des équipes de conception. La section des "human factors" est souvent distincte de la section "production de logiciel", et les contacts entre les deux groupes ne vont pas toujours sans heurt, parce que les formations et les vocabulaires diffèrent.

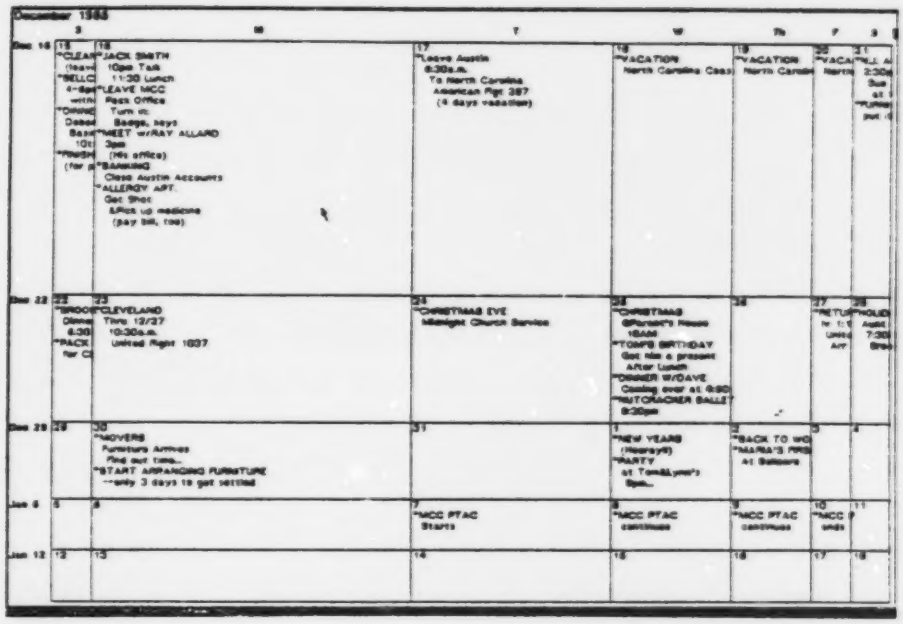


Figure 3a
(Furnas, 1986)

CENTRE CANADIEN DE RECHERCHE
SUR L'INFORMATISATION DU TRAVAIL
1575 BOUL. CHOMEDEY
LAVAL, P.Q.
TEL.:(514) 682-3400

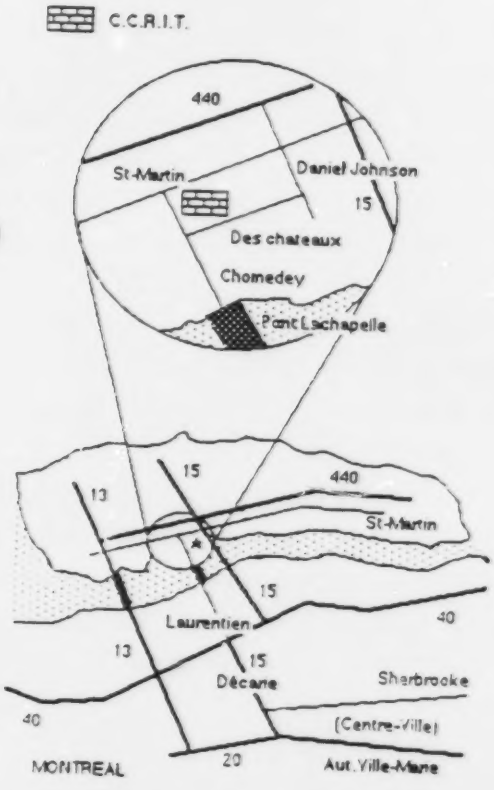


Figure 3b
(Dépliant du CCRIT, 1986)

Figures 3a et 3b.: Exemples de "fisheye-view"

Enfin, l'ergonomie devra développer des méthodes plus efficaces pour mettre au point et tester les alternatives qu'elle propose; sinon, elle ne pourra que suivre une technologie qui évoluera toujours plus vite qu'elle.

Références

BOLT, R.A., (1984), The Human Interface, where People and Computers Meet, Lifetime Learning Publications, Belmont, California.

CARD, S.K., MORAN, T.P., NEWELL, A. (1983) The Psychology of Human-Computer Interaction, Laurence Earlbaum Associates, Hillsdale, N.J.

FURNAS, G.W. (1986) Generalized fisheye view. Proc. CHI'86 Human Factors in Computing Systems, Boston, April 13-17, 1986, ACM, NY, p.16-23.

GIROUX, L. (1986) La dimension cognitive de l'ergonomie des systèmes informatiques. In Benyahia, H. Evaluation coûts/avantages des performances ergonomiques des systèmes micro-informatiques et bureautiques. Centre Canadien de recherche sur l'informatisation du travail, Laval, à paraître.

GIROUX, L., LAROCHELLE, S., L'ergonomie cognitive : état de la question et pistes de recherche, Centre canadien de recherche sur l'informatisation du travail, en préparation.

HARRIS, D.H., (1986), Fundamentals of Human Factors Criteria for User Interface Design, Tutorial 9, CHI'86 Human Factors in Computing Systems, Boston, April 13-17, 1986, ACM, NY.

HECKEL, P., (1984), The Elements of Friendly Software Design, Warner Books, NY, 205 p.

NEWELL, A. (1973) You can't play twenty questions with nature and win. In Chase, W.G. (ed) Visual information processing. Academic press, New-York.

ROBERTS, T.L., MORAN, T.P., (1983), The Evaluation of Text Editors : Methodology and Empirical Results, Communication of ACM, april 1983.

SHNEIDERMAN, B. (1982) The future of interactive systems and the emergence of direct manipulation. Behaviour and Information Technology, 1, 3, 237-256.

APPRENTISSAGE DES SYSTEMES INFORMATIQUES PAR EXPLORATION

Jean-Marc Robert

Ecole Polytechnique, Département de génie industriel, Case Postale 6079, Succursale "A", Montréal, Québec H3C 3A7

INTRODUCTION

Cet article a pour objet l'étude de l'exploration comme mode d'apprentissage des systèmes informatiques. Le concept d'exploration y est d'abord défini de même que les raisons pour lesquelles plusieurs chercheurs s'y intéressent grandement depuis quelques années pour l'apprentissage des systèmes informatiques. On rapporte ensuite une expérience au cours de laquelle des sujets devaient apprendre à utiliser un ordinateur personnel par simple exploration. Enfin, à partir des résultats de cette expérience, des recommandations sont proposées pour rendre les systèmes informatiques plus faciles et agréables à explorer.

Définition

L'exploration est un mode d'apprentissage basé essentiellement sur une interaction avec un objet à apprendre. Elle correspond à un *apprentissage par action* où l'on doit être actif (i.e., faire des choses) pour découvrir les composantes et usages de l'objet. D'ailleurs, l'usager "s'" définit ses propres buts et décide du moment de leur exécution. Le seul retour d'information fourni à ce dernier vient de son échange avec l'objet.

L'exploration est dite "assistée" si l'usager bénéficie d'une aide extérieure quelconque portant par exemple, sur l'orientation générale à suivre, les grandes fonctions du système, les principaux problèmes qui sont susceptibles d'être rencontrés, leur diagnostic, etc. Nous nous intéressons ici à l'exploration non assistée qui ne comprend ni professeur, ni documentation, ni aide extérieure de quelque nature que ce soit. L'objet à apprendre est un système informatique interactif.

Il est intéressant de noter que l'exploration est fréquemment adoptée pour apprendre à utiliser, régler, réparer ou assembler des objets familiers tels que calculatrices de poche, autos, montres à fonctions multiples, meubles achetés en pièces détachées, etc.

Importance accrue de l'exploration

Au cours de ces dernières années, l'exploration au sens large (i.e., assistée ou non assistée) a bénéficié d'un intérêt très marqué comme mode d'apprentissage des systèmes informatiques (ex., Carroll & Mack 1982, 1983; Carroll et al. 1984, 1985; Robert 1985; 1986). Trois facteurs au moins semblent être à l'origine de cet intérêt:

1. Des interfaces à manipulation directe permettant un apprentissage par exploration sont maintenant disponibles grâce à la technologie informatique.

2. L'exploration apparait comme une alternative importante à d'autres modes d'apprentissage des systèmes informatiques.

3. Des systèmes intelligents d'aide à la formation seront bientôt en mesure d'assister l'explorateur dans son apprentissage.

Chacun de ces facteurs est brièvement expliqué ci-dessous.

Les interfaces à manipulation directe. La "manipulation directe"(2) correspond à un nouveau style d'interaction entre l'usager et l'ordinateur(3). Elle est basée sur un ensemble de principes qui se retrouvent dans des systèmes informatiques populaires tels que le MacIntosh (Apple), le LISA (Apple), le STAR (Xerox), le 520 st (Atari), plusieurs jeux vidéos, des programmes éducationnels, etc. Selon Shneiderman, les caractéristiques des interfaces à manipulation directe sont les suivantes:

1. Une représentation continue des objets d'intérêt.

2. Des actions physiques plutôt qu'une syntaxe complexe. Par exemple, pour faire un opération, l'usager sélectionne et déplace des objets sur l'écran au moyen de la souris plutôt que de dactylographier de longues chaînes de caractères.

3. Des opérations rapides, graduelles et réversibles. Celles-ci sont possibles grâce aux temps de réponse plus rapides des ordinateurs, aux écrans à haute résolution et aux instruments de pointage plus performants tels que la souris.

4. Un apprentissage "par couches" qui permet d'utiliser un système sur la base de connaissances minimales. Par exemple, une simple démonstration permet normalement à l'usager de pouvoir commencer à utiliser le système.

Ces interfaces possèdent donc des atouts importants pour l'exploration:

- Un environnement visuel (ex., formé d'icônes représentant des objets familiers du milieu de travail).

- Des outils de pointage performants pour des manipulations rapides et analogiques.

- Un retour d'information rapide et significatif qui montre si l'action permet de s'acheminer vers le but final.

- Moins d'anxiété pour l'usager grâce à la transparence du système et aux opérations réversibles.

On verra plus loin que ces atouts peuvent être améliorés et que d'autres éléments peuvent s'ajouter à cette liste pour rendre les systèmes plus faciles à explorer.

L'exploration considérée comme une alternative importante à d'autres modes d'apprentissage. Plusieurs raisons peuvent expliquer cela. Premièrement, l'exploration correspond à une façon naturelle et agréable d'apprendre. Force est de reconnaître que de nombreuses personnes préfèrent apprendre par l'action plutôt que par un autre mode quand cela est possible. Ainsi, elles peuvent être "physiquement" actives, interagir avec l'objet dès le tout début et plus longuement, faire face à des situations plus concrètes et nombreuses, se sentir plus impliquées dans l'apprentissage, etc. Il y a donc tout intérêt à mettre de tels avantages à profit dans l'apprentissage des ordinateurs. Deuxièmement, les nouveaux usagers de l'informatique, qui ont peu ou prou de formation informatique ou technique, éprouvent très souvent de sérieuses difficultés à apprendre à utiliser les systèmes informatiques. Les programmes de formation traditionnels laissent à désirer quant à leur efficacité générale et la satisfaction des usagers. De plus, ils coûtent chers à cause de leur durée (souvent quelques jours), de la nécessité de retirer les employés de leur travail, du besoin de moniteurs, de la production et mise à jour de documentation technique sur laquelle ils s'appuient. Et comme le nombre de nouveaux systèmes ou logiciels à apprendre ne cesse de croître, le coût global de formation devient majeur. Troisièmement, la documentation informatique utilisée par d'autres modes d'apprentissage comporte de sérieuses limites. En plus de ne pas être interactive, elle est souvent difficile à comprendre, volumineuse et de prime abord, incomplète au sujet du problème précis qui est rencontré. En conséquence, l'usager risque de se sentir submergé d'informations, avoir du mal à y trouver ce qui traite précisément du problème rencontré, ne pas comprendre les explications qui y sont présentées, passer plus de temps "le nez dans le manuel" que les yeux sur l'écran et au bout du compte, être frustré par la lenteur de la démarche. Ce problème de documentation a conduit une équipe de IBM (voir Carroll et al. 1986) à étudier l'effet sur l'usager de réduire fortement le volume de la documentation ainsi que de modifier radicalement son organisation et sa présentation. On mise davantage maintenant sur la capacité des usagers d'apprendre par exploration.

Les systèmes intelligents d'aide à la formation. Il est à prévoir que de plus en plus de systèmes intelligents d'aide à la formation apparaîtront dans les milieux scolaires et de travail au cours des prochaines années. Plusieurs chercheurs développent de tels systèmes présentement dans diverses sociétés (ex., Xerox: Brown & Burton) et Universités (ex., Carnegie-Mellon: Anderson, Van Len; Montréal: Desmarais). En plus de permettre une formation individualisée, ces systèmes seront vraisemblablement capables d'analyser les actions de l'usager, de reconnaître ses intentions, de diagnostiquer ses problèmes et de l'aider si nécessaire. Ils pourront ainsi suivre le comportement exploratoire de l'usager et lui apporter un soutien adapté à ses besoins. Pour rendre les systèmes plus facilement explorables, il faut entre autres savoir comment les usagers explorent et quelles sont les difficultés rencontrées au cours de leur activité.

EXPERIENCE

Notre revue de documentation révèle qu'il existe présentement très peu de données expérimentales sur l'exploration non asssitée et la manipulation directe. L'étude que nous présentons ici veut combler cette lacune. Elle poursuit les objectifs suivants:

- Analyser comment des usagers explorent un système informatique utilisant une interface à manipulation directe.
- Identifier et analyser les problèmes rencontrés au cours de cet apprentissage.

Le but final est de définir des exigences fonctionnelles pour rendre les systèmes informatiques plus faciles à explorer.

Methodologie

Tâche. La tâche présentée aux sujets consiste à apprendre à utiliser un ordinateur personnel le mieux possible durant une période de deux heures.

Le système. Le sytème à apprendre comprend deux programmes principaux de traitement de texte et de dessin. Les autres programmes disponibles a l usager sont les suivants: une calculatrice de poche, un carnet de notes, un casse-tête numérique, un album de dessins et un "tableau de bord" pour regler divers parametres du système (ex., la vitesse de clignotement du curseur). Des données peuvent être transférées entre certains programmes. L interface du système comprend un écran à haute resolution, des icônes, des menus de commandes, des fenêtres et une souris à un seul bouton comme instrument de pointage. Cette interface utilise deux styles d interaction simultanément: la manipulation directe et les menus de commandes. Une imprimante voisine de l ordinateur peut aussi être utilisée.

Sujets. Dix sujets ont participé à l experience. Ils se répartissent en deux groupes égaux, le premier étant formé de sujets ayant des connaissances en informatique, le second, de sujets dits naifs en la matière. La moyenne d âge de chaque groupe était respectivement de 25.4 ans et de 20.6 ans. Dans le premier groupe, trois sujets venaient du milieu scolaire, et deux, du milieu de travail. L inverse prevalait dans l autre groupe. Aucun sujet n etait familier au préalable avec le systeme a apprendre: trois sujets seulement (un du premier groupe et deux du deuxieme groupe) avaient brievement "joué" avec le système à d'autres occasions pour des periodes n excedant pas 10 minutes. Les composantes de l interface telles que la souris, les menus, les icônes et les fenêtres etaient connus par le même nombre de sujets dans les deux groupes.

Procedure. D abord, les sujets devaient remplir deux brefs questionnaires de cinq minutes chacun portant sur leurs caracteristiques démographiques (ex., âge, formation, connaissances informatiques) et leur connaissance des

composantes de l'interface. Ensuite, ils exploraient le système pendant deux périodes d'une heure séparées d'une pause de 10 minutes. Ils étaient avertis qu'un test de connaissance suivrait la session expérimentale, ce qui avait pour but de favoriser une attitude proche du travail. Les sujets devaient "penser tout haut" durant la session et leurs commentaires étaient enregistrés. Cette exigence leur était rappelée durant les périodes de silence trop prolongées. L'écran du système étaient filmé pour enregistrer les actions du sujet et les réponses du système. L'écoulement du temps était noté. A la fin de la session, les sujets devaient compléter un bref questionnaire sur leurs impressions à propos de l'exploration.

RESULTATS

Les résultats sont basés sur une analyse de protocoles[4]. Cette analyse repose sur l'utilisation de trois critères principaux: la durée d'un événement au cours de la session, sa fréquence et le nombre de sujets faisant face à celui-ci. Faute d'espace, on ne présentera ici que les résultats les plus saillants et on ne s'attardera pas aux différences entre les groupes de sujets. Le lecteur désirant en savoir plus peut consulter nos articles (Robert 1985,1986).

Des sujets très actifs sur le plan cognitif

Le résultat le plus marquant et prometteur à propos de l'exploration est que les sujets sont très actifs du point de vue cognitif. Ils prennent de nombreuses initiatives pour provoquer des réponses de la part du système et tentent constamment de comprendre les liens qui se créent entre leurs actions et les réponses. Aussi sont-ils particulièrement attentifs et sensibles à leur environnement. Les principales activités suivantes ont été observées:

- *Analogies.* De façon spontanée, les sujets tentent d'établir des analogies entre le système qu'ils explorent et des systèmes déjà connus ou entre différentes parties du système qu'ils sont en train d'apprendre. Ils cherchent ainsi à transférer leur connaissance et à progresser plus rapidement, ce qui ne sera possible que s'il existe une certaine compatibilité inter-systèmes ou cohérence intra-système. L'exploration apparaît ainsi en premier lieu comme un processus d'assimilation. Bien sûr, les analogies ne marchent pas à tout coup et peuvent même être nuisibles, ce qui force le sujet à s'adapter et à modifier ou abandonner une procédure connue au profit d'une plus efficace. L'exploration devient alors un processus d'adaptation.

- *Essais et erreurs.* Cette stratégie fondamentale pour l'exploration a été fréquemment utilisée par tous. Brièvement, elle consiste à tenter différentes actions dans le but de provoquer des réponses "éclairantes" de la part du système qui mènent à des observations, hypothèses, explications, etc. permettant de progresser. Bien sûr, plusieurs actions peuvent demeurer sans suite ou apparaître comme des erreurs dans la mesure où les réponses qu'elles entraînent ne se situent pas dans la

direction du but donné.

- *Hypothèses.* Tout au long de la séance d'exploration, les sujets font de nombreuses hypothèses à propos de divers aspects du système. Celles-ci apparaissent nécessaires dans un contexte d'apprentissage où l'acquisition de la connaissance se fait à petites doses et où l'information est souvent ambigue et incomplète. Elles permettent aux sujets de centrer leur attention sur des points plus spécifiques et sont à l'origine de nombreuses investigations.

- *Expériences.* Les sujets mènent de nombreuses expériences en vue de tester leurs hypothèses et de compléter ou raffiner ainsi leurs connaissances. Cette stratégie -expérimenter et tester- s'avère fondamentale dans un contexte où l'information est souvent incomplète et ambigue.

- *Explications.* En proposant des explications pour leurs différentes observations au cours de l'exploration, les sujets cherchent à donner un sens à leur activité, i.e. donner une certaine cohérence à leur apprentissage et au système qu'ils explorent. Ces explications peuvent être justes et entrainer des déblocquages importants tout comme elles peuvent être incomplètes ou erronées et engendrer des actions inappropriées.

- *Inférences.* Avec l'exploration, l'acquisition de la connaissance se fait petit à petit, du "bas vers le haut", i.e. des faits vers les règles sur lesquelles le système est basé. Pour être efficaces, les sujets doivent pouvoir utiliser chaque élément d'information aussi pleinement que possible. Ainsi, sur la base de très peu d'observations, ils vont souvent adopter une hypothèse qui leur permet d'expliquer quelques faits ou observations (processus d'induction). Plus tard, sur la base d'un grand nombre d'observations, ils tenteront d'inférer les règles du système (processus d'induction) à partir desquelles ils peuvent comprendre et expliquer une plus grande partie du fonctionnement de ce système.

- *Diagnostics.* Divers types de problèmes qui seront vus plus loin sont susceptibles d'apparaître au cours de l'exploration. Les sujets doivent donc faire plusieurs diagnostics pour tenter de les résoudre et poursuivre leur activité principale. Bien sûr, ces diagnostics peuvent être erronés, mener à des actions correctrices inappropriées ou engendrer des enchevêtrements de problèmes. Ils n'en demeurent pas moins souvent nécessaires pour la poursuite des activités.

L'importante activité cognitive des sujets au cours de l'exploration fait de ceux-ci des étudiants idéaux. Ils sont "présents", actifs et entreprenants au cours de l'apprentissage. De plus, leur apprentissage leur a permis de découvrir et utiliser les diverses composantes de l'interface ou système et d'accomplir, en moins d'une heure de travail, une tâche réelle comme créer un fichier, le nommer, le stocker en mémoire, parfois le modifier quelque

peu, l'imprimer, etc. Cela fait de l'exploration un mode d'apprentissage très enviable.

De nombreux problèmes sont rencontrés

Plusieurs types de problèmes sont susceptibles de survenir au cours de l'exploration. Nous nous sommes efforcés d'en dresser une assez longue liste au risque d'assombrir exagérément l'image de ce mode d'apprentissage. Il est important de réaliser que ces problèmes peuvent être aussi l'apanage d'autres modes d'apprentissage, qu'ils ont bien leurs équivalents dans ces autres modes et qu'ils peuvent être causés par les limites actuelles des interfaces à manipulation directe. Par ailleurs, ils méritent un examen détaillé parce qu'ils représentent une excellente source d'exigences fonctionnelles pour développer des systèmes plus facilement explorables. Voici les principaux problèmes qui ont été observés:

Confusion: À différentes occasions, les sujets peuvent se sentir totalement "perdus", ne sachant plus où ils se trouvent dans le système ni ce qu'ils sont en train de faire. Ils vont alors tenter diverses actions à la recherche d'information leur permettant de recouvrer de cette situation. Il peut en résulter anxiété, perte de temps, frustration et insatisfaction.

Naïveté: Les sujets peuvent être inconscients des répercussions de leurs actions. Ils courent ainsi le risque de détruire ou endommager des parties importantes du système ou de leur travail, ou modifier l'état de certaines composantes du système qui pourraient créer des problèmes pour la suite. Il importera donc de les protéger contre de tels méfaits.

Ignorance du vocabulaire: Les sujets peuvent ignorer certains termes ou expressions utilisés par le système pour des noms de commandes ou de programmes, dans des messages adressés à l'usager, etc. Ils pourront ainsi mettre plus de temps ou, selon le cas, échouer à découvrir le rôle de certaines fonctions ou à comprendre certains messages.

Mauvaise interprétation des commandes et des réponses du système: Pour diverses raisons (ex., mauvaises analogies, manque de transparence du système), les sujets peuvent mal interpréter certaines commandes ou réponses du système. Il peut être particulièrement difficile de se départir de telles interprétations à cause d'une certaine fixité fonctionnelle de nos premières idées (Adamson 1952). En plus de ralentir l'apprentissage, cela peut causer une perte de temps, de la confusion, un blocquage ou un échec pour les sujets.

Blocquage: Les sujets peuvent se retrouver dans une "impasse" et être incapables d'en sortir durant des périodes de temps assez prolongées (ex.: 2o, 3o minutes). Ils peuvent ainsi avoir l'impression de perdre leur temps, se sentir frustrés et insatisfaits.

Enchevêtrement de problèmes: Suite à un manque de détection de problèmes, à de mauvais diagnostics ou à des actions correctrices inappropriées, les

sujets peuvent provoquer des situations complexes ou plusieurs problèmes sont imbriqués les uns aux autres. De tels cas nécessitent souvent des diagnostics sophistiqués qui dépassent le niveau de connaissance des sujets.

Détournement de l'action principale: Les sujets peuvent être contraints ou décider librement d'abandonner leur activité principale pour s'occuper de problèmes survenant en cours d'apprentissage. Comme ils ont souvent beaucoup de mal à résoudre ces problèmes et à revenir à leur tâche initiale, ils sont ainsi détournés de cette dernière définitivement ou pour une période plus longue que désirée.

Apprentissage incomplet: Des fonctions du système peuvent demeurer inexplorées, soit parce qu'elles ne sont pas visibles et ont ainsi peu de chances d'être découvertes, soit parce qu'elles correspondent à des fonctions moins utilisées ou non requises dans les tâches que le sujet se fixe. Malheureusement, les sujets n'ont pas de moyen de s'assurer de la complétude de leur connaissance du système.

Apprentissage de procédures sub-optimales: Les sujets peuvent apprendre des procédures plus lentes ou coûteuses en termes de nombre d'opérations. Malheureusement, ils ne disposent d'aucun moyen pour évaluer la qualité de leurs connaissances et découvrir éventuellement des procédures plus efficaces. Leur performance avec le système demeure ainsi inférieure à ce qu'elle pourrait être idéalement sans qu'ils en soient conscients.

Echec: Les sujets peuvent échouer dans l'atteinte de buts trop difficiles pour leur niveau de connaissance. Contraints d'abandonner leurs buts initiaux, ils peuvent se sentir désorientés, frustrés et insatisfaits. Il demeure difficile pour eux de se fixer des buts réalistes pour leur niveau de connaissance actuel.

Incapacité d'annuler une action: Les sujets peuvent longtemps ignorer la fonction "ANNULER" dans le système quand celle-ci existe. Une telle fonction est importante dans un contexte d'exploration. Elle permet de corriger des erreurs qui peuvent entraîner d'autres problèmes tels que le détournement de l'action principale, le recouvrement d'erreurs, la confusion, le bloquage, etc. Elle pourrait éventuellement encourager l'usager à être plus audacieux dans l'exploration.

Difficulté à faire face aux incohérences et défectuosités du système: Les incohérences et défectuosités du système sont toujours gênantes parce qu'elles retardent l'apprentissage d'une manière ou d'une autre et peuvent être une cause supplémentaire de frustration et d'insatisfaction. Les incohérences exigent que le sujet se départisse d'une analogie ou d'un transfert fait en toute logique. Elles peuvent aussi provoquer la remise en question d'une partie de la connaissance acquise jusqu'à ce point et nécessiter des tests supplémentaires sur la validité de la nouvelle information apportée par l'incohérence. Quant aux défectuosités (ex., affectant le fonctionnement de la souris), elles peuvent être difficiles à percevoir et à diagnostiquer pour le nouvel usager qui peut tout de même essayer de s'ajuster à celles-ci.

Oubli de procédures: Les sujets sont susceptibles d'oublier en tout ou en partie des procédures qu'ils ont déjà utilisées pour effectuer une tâche donnée. Le nombre de procédures différentes à apprendre et le nombre d'actions à l'intérieur de chaque procédure peuvent être passablement élevés pour un ordinateur et nécessiter une forme d'assistance à l'usager.

Les deux problèmes suivants paraissent plus importants que les autres:

1. *Masse abondante d'informations*: Vu que toutes les fonctions du système peuvent être disponibles en même temps et que l'interface peut être fortement chargée d'informations (ex.: multiples fenêtres, icônes, menus, commandes), les sujets peuvent se sentir submergés et éprouver de la difficulté à identifier ce qui est pertinent dans ces informations. Ils courent ainsi le risque de passer des parties importantes de leur temps sur des aspects du système ayant une importance triviale.

2. *Recouvrement d'erreurs*: Les sujets éprouvent généralement beaucoup de difficulté à recouvrer des erreurs commises au cours de l'exécution d'une tâche. Plusieurs raisons peuvent être en jeu: un mauvais diagnostic du problème, une action correctrice inappropriée, ou encore leur ignorance de la fonction "ANNULER". Les principaux problèmes causés par cette difficulté seront le détournement de l'action principale et l'enchevêtrement de problèmes.

RECOMMANDATIONS

A partir de ces problèmes, on peut d'ores et déjà formuler des recommandations pour améliorer la situation de l'explorateur. Bien sûr, le bien-fondé et la mise en oeuvre de chacune d'elles doivent être analysés soigneusement dans le cadre de chaque système particulier.

Quelques-unes de ces recommandations existent déjà dans certains systèmes. Il semble pertinent de simplement les rappeler et souligner leur importance pour l'exploration ou de montrer leur insuffisance dans leur état actuel. Voici une liste des principales recommandations:

Protéger le système contre certaines actions du sujet. On a vu que le sujet peut être confus à l'égard du système, être inconscient des répercussions de certaines de ses actions, commettre des erreurs. Il court alors le risque de détruire ou endommager des parties importantes du système (ex., un programme) ou de son travail (ex., un fichier) sans le réaliser. Il est donc important d'empêcher la réalisation immédiate de tels méfaits en exigeant une seconde action de confirmation de la part de l'usager ou encore en lui présentant un message sur l'écran qui l'informe des répercussions de son action et demande s'il veut toujours exécuter cette dernière.

Assurer la transparence du système. Il est important qu'à tout moment, le sujet sache où il est dans le système et voit la procédure à suivre pour

sortir d une position et rejoindre une autre. Ainsi, en tout temps, il pourrait se retrouver en terrain connu ou il peut bien fonctionner à nouveau. Cela pourrait aider à résoudre certains problèmes tels que la confusion, le bloquage, le recouvrement d'erreurs, l'enchevêtrement de problemes et le détournement de la tâche principale.

Garantir un retour d'information rapide et significatif. Le retour d information du système doit être immédiat et transparent pour des raisons évidentes. Dans plusieurs cas, il manquait de transparence ou était insuffisamment mis en relief dans la masse d'informations presentée sur l ecran. En conséquence, le sujet a pu mal interpréter les réponses du système, faire des actions inappropriées, être confus, ignorer les repercussions de ses actions et perdre du temps dans son apprentissage.

Tester ses connaissances. Sans cette possibilité, le sujet risque d ignorer totalement certaines fonctions du système ou de continuer à utiliser des procedures moins efficaces. Le test de connaissances permettrait de découvrir éventuellement d autres capacités du système ou l écart qui existe entre les procedures qui ont été apprises et des procédures plus efficaces. Une autre façon d aider le sujet à découvrir les fonctions du système consiste à montrer les liens qui existent entre des parties apparemment indépendantes afin d amener le sujet à combiner ces dernières pour diverses utilisations.

Mettre la fonction "ANNULER" en évidence. Plusieurs systèmes sont déjà munis d une telle fonction. Mais il importe de rendre celle-ci visible et disponible en tout temps afin qu on puisse la découvrir au tout début de l exploration plutôt qu après de longues périodes de travail. Une telle fonction serait particulièrement utile pour recouvrer des erreurs et pourrait encourager le sujet à être plus audacieux durant l exploration en lui donnant la possibilité de faire marche arrière en tout temps. Cette fonction devrait pouvoir couvrir une procédure entière plutôt que la dernière action seulement.

Présenter une liste des actions et commandes effectuées par le sujet avec leur résultat. Ces actions et commandes devraient être regroupées et associées à leur résultat. On verrait ainsi les procédures complètes à suivre pour exécuter diverses tâches. Une telle aide permettrait aux sujets de retrouver des procédures déjà utilisées mais oubliées.

Autres possibilités:

Déployer progressivement les fonctions du système. Cela permettrait de résoudre les problèmes du nouvel usager de faire face à une grande masse d informations à la fois (i.e., tout le système), de percevoir ce qui est pertinent dans celle-ci et de définir l ordre dans lequel il devrait procéder. Quelques chercheurs (ex., Carroll chez IBM) travaillent présentement sur ce sujet.

Faire des "excursions" sans affecter l état actuel du système. Cette possibilité permettrait d explorer le système sans risquer de perdre ou de

déteriorer le travail réalisé jusqu'à ce point. Un autre avantage pourrait être de minimiser les recouvrements d'erreurs ou les détournements de l'action principale. Il pourrait en résulter une baisse d'anxiété pour le sujet et un apprentissage plus rapide.

Fournir une assistance informatique intelligente au sujet. Ce type d'assistance serait tout à fait utile pour rendre l'exploration encore plus profitable et satisfaisante. A prime abord, elle serait particulièrement désirable dans la détection et le diagnostic des problèmes et dans les solutions à recommander aux sujets.

CONCLUSION

Cette étude avait pour objectifs d'analyser comment des sujets explorent un système informatique utilisant une interface à manipulation directe et d'identifier les problèmes rencontrés au cours de cet apprentissage. Les résultats obtenus ont permis d'identifier des exigences fonctionnelles pour rendre les systèmes informatiques plus faciles à explorer. L'étude correspond à un premier contact avec l'exploration. D'autres données sont nécessaires pour tracer un portrait plus précis de ce mode d'apprentissage et le comparer expérimentalement à d'autres modes au niveau de la vitesse et de la qualité de l'apprentissage, de la performance à utiliser le système et de la satisfaction générale des sujets.

A l'heure actuelle, on peut affirmer que la manipulation directe n'est pas synonyme de facilité d'exploration même si elle représente une amélioration considérable par rapport aux autres styles d'interaction. Il y a encore beaucoup à faire pour rendre l'exploration de systèmes informatiques une expérience pleinement profitable et agréable. Nous espérons y avoir contribué par ce type de recherche expérimentale.

Notes:

(1) Le terme usager réfère aux femmes aussi bien qu'aux hommes tout au long du texte.

(2) Expression créée par Ben Shneiderman de l'Université du Maryland.

(3) Les autres styles d'interaction utilisent des langages de commande, le langage naturel, des menus de commandes ou consistent à remplir des espaces libres.

(4) Un protocole correspond à une description précise et détaillée du déroulement d'une activité ou d'un événement.

REFERENCES

Adamson, R.E. (1952). Functional fixedness as related to problem solving. Journal of Experimental Psychology, 44, 188-191.

Carroll, J.M., Mack, R.L. (1982). Learning to use a word processor by guided exploration. Presented at the Psychonomic Society Conference, Nov.

11-13, Minneapolis, MN. 50p.

Carroll, J.M., Mack, R.L. (1983). Learning to use a word processor: By doing, by thinking and by knowing. Res. Rep. RC 9481, IBM Watson Research Center, Yorktown Heights, NY. 38p.

Carroll, J.M., Mack, R.L., Lewis, C.H., Grischkowsky, N.L., Robertson, S.R. (1984). Learning to use a word processor by guided exploration. Res. Rep. RC 10428, IBM Watson Research Center, Yorktown Heights, NY. 50p.

Carroll, J.M., Mack, R.L., Lewis, C.H., Grischkowsky, N.L., Robertson, S.R. (1985). Exploring Exploring a word processor. Human-Computer Interaction, 1(3), 283-307.

Carroll, J.M., Smith-Kerker, P.L., Ford, J.R., Mazur, S.A. (1986). The minimal manual. Res. Rep. RC 11637, IBM Watson Research Center, Yorktown Heights, NY. 88p.

Robert, J.-M. (1985). Learning by exploration, p.151-155 in Proceedings of the 2nd IFAC/IFIP/IFORS/IEA Conference on Analysis, Design, and Evaluation of Man-Machine Systems, September 10-12, Varese, Italy.

Robert, J.-M. (1986). Some highlights of learning by exploration, p. 348-353, in Proceedings of the International Scientific Conference on Work with Display Units, May 12-15, Stockholm, Sweden.

QUESTIONS

Q. L exploration ne facilite-t-elle pas le piratage de logiciels puisqu elle fait disparaitre la documentation qui est toujours plus difficile à trouver?

R. Le probleme du piratage de logiciels n est certainement pas unique aux systemes utilisant des interfaces a manipulation directe. Les pirates n ont pas attendu l avenement de ce type d interfaces pour passer a l action! D ailleurs, nous sommes tous souvent temoins de copie de logiciels qui n ont rien a voir avec la manipulation directe. Par ailleurs, cette situation n enleve rien au besoin d etudier l exploration et la manipulation directe.

Q. Comment le traitement de donnees a-t-il ete effectue?

R. Les resultats sont bases sur une analyse de protocoles. Ces protocoles sont tres riches en information puisqu ils contiennent les verbalisations du sujet, ses actions et ses commandes, les reponses du systeme et l ecoulement du temps au cours de la session. Leur analyse est essentiellement qualitative même si quelques criteres quantitatifs peuvent servir de guides comme la frequence et la duree d un evenement au cours d une session. C est par une lecture attentive et repetee des protocoles et un examen minutieux des videos de la session que l on

tente de comprendre ce qui se passe et de faire ressortir les points saillants de l'expérience.

Rappelons que l'analyse de protocoles a été abondamment utilisée dans plusieurs centres de recherche (ex., IBM, Xerox) et Universités (ex., Carnegie-Mellon). Elle demeure un outil puissant et très utile pour analyser les processus cognitifs mis en jeu et les problèmes rencontrés dans diverses tâches.

Représentation sémantique et grammaires cognitives: Application de ces théories pour l'analyse du raisonnement expert et la formation de novices.[1]

Carl H. Frederiksen

Groupe de Recherche sur la Compréhension de Texte
Laboratoire de Sciences Cognitives Appliquées
Centre de Sciences Cognitives de l'Université McGill

Sciences Cognitives Appliquées

Le terme *sciences cognitives* réfère à un champs d'étude interdisciplinaire centrée autours de la psychologie cognitive et de l'intelligence artificielle, mais avec des contributions de la linguistique, de la philosophie et d'autres disciplines. L'intérêt central de cette approche est de comprendre les structures de connaissances et les mécanismes cognitifs qui sous-tendent toute action intelligente ainsi que le phénomène d'apprentissage. Cette approche est caractérisée par le développement de modèles explicites des processus cognitifs (utilisant des techniques de l'intelligence artificielle) et la représentation des connaissances en mémoire. Ces représentations cognitives, dénommées "*cadres de connaissances* " (frames), sont à la fois les objets manipulés et les connaissances de base dont les performances cognitives dépendent.

La recherche en sciences cognitives est de plus en plus impliquée dans des domaines d'application pratique, tel que le diagnostique médical et la résolution des problèmes dans l'élaboration de circuits électronique. L'objectif est ici de développer des "modèles experts" (en contraste avec celui d'un novice) et de les appliquer à l'élaboration de tutoriels pour la formation de novices. Un développement parallèle en intelligence artificielle consiste à utiliser ces modèles pour la programmation de systèmes experts.

Notre laboratoire est impliqué dans la recherche fondamentale sur la nature de la performance des experts (et des novices) et dans l'application de ces modèles à l'élaboration de tutoriels et de logiciels. Cette recherche porte sur quatre domaines:

- la compréhension de texte et l'utilisation des connaissances,
- la production de texte: rédaction et révision,

---

[1] Présenté au Centre canadien de recherche sur l'informatisation du travail le 29 avril 1986.

• la résolution de problèmes: le raisonnement clinique en médicine, et le diagnostique de problèmes dans un environnement technique,

• la compréhension de texte chez les bilingues et la traduction.

Pour chacun de ces domaines nous appliquons les mêmes modèles et outils d'analyse: (1) des modèles de la représentation sémantique des connaissances (basés sur des "grammaires cognitives de cadre de connaissance"), (2) des méthodes d'analyse du discours et des protocoles obtenus durant une tâche expérimentale (par exemple, la résolution d'un problème), (3) et un logiciel pour l'étude du comportement des experts et des novices.

Notre recherche se déroule ainsi:

• élaboration et validation de modèles de la connaissance des experts (ou celle des novices) et de leur traîtement de l'information, utilisant le logiciel pour l'étude de tâches cognitives spécifiques,

• élaboration et validation de *tutoriels* qui sont une extension du logiciel précédent (on y ajoute des fonctions qui sont basées sur les habiletés des experts étudiés dans l'étape précédente),

• utilisation du logiciel de la première étape et le tutoriel de la deuxième étape pour faire un diagnotique d'une performance cognitive dans un domaine particulier,

• et l'élaboration et l'évaluation de logiciels servant de support à certaines tâches cognitives.

Ainsi, parallèlement à nos activités de recherche, nous développons des logiciels qui serviront aux chercheurs et aussi dans un domaine d'application plus concret. Ces logiciels se regroupent en deux systèmes:

(A) le **Système CODA** (Computer-Assisted Cognitive Discourse Analysis), est un système permettant l'analyse sémantique du discours assistée par ordinateur. Ce logiciel est utilisé interactivement pour analyser le contenu d'un texte en accord avec une grammaire sémantique. Cette grammaire est en fait un modèle cognitif de la représentation des connaissances et aussi un modèle du traitement du discours. Ce système est en voie d'implémentation en DEREDEC, un langage de haut-niveau spécialement conçu pour l'analyse de texte par ordinateur, et servira principalement comme outil de recherche. Toutefois quelques-unes des fonctions de ce système seront disponibles dans les tutoriels décrits ci-dessous.

(B) **l'environnement CADP** (Computer-Assisted Discourse Processing Environment), permet un usager d'interagir avec un ou des textes lors de diverses tâches de compréhension, de rédaction, de révision, de traduction, ou de résolution de problèmes. Cet environnement comporte trois volets:

1) **"l'analyste CADP"** - ce logiciel aide le chercheur à obtenir données lors de tâches de traîtement du discours exécutées par des sujets. Les données ainsi recueillies servent à deux

choses: premièrement à préciser un modèle des stratégies utilisées par les personnes qui ont exécuté la tâche, et deuxièmement à faire un diagnostique cognitif de leurs problèmes durant ces tâches.

2) **"les tutoriels CADP"** - sont des environnements plus spécialisées auxquels nous ajoutons des fonctions servant à entraîner une personne à mieux comprendre les stratégies discursives et les processus de résolution de problème. Par exemple, ont peut configurer une tâche d'analyse de la sémantique d'un texte pour aider à le mieux comprendre.

3) **"les ateliers CADP"** ("CADP Workbench") - sont aussi des environnements plus spécialisées fournissant des outils aidant à mieux comprendre et manipuler les informations d'un texte. Ces outils sont basés sur l'analyse des stratégies utilisées par les experts. Par exemple, une tâche de révision de document technique peut nécessiter des outils d'analyse des unités sémantiques ou de leur réordonnement pour obtenir un texte plus clair.

Nous croyons que ces systèmes seront "transportables" d'un domaine de connaissance à un autre, dans le sens où ils ne sont pas spécialisés dans un domaine particulier à priori, mais plutôt dans le traîtement du discours en général.

J'aimerais illustrer ces idées en décrivant un projet d'étude de la compréhension de texte que Milena Kubes, André Renaud et moi-même avons planifié dans un environnement industriel. Bien que les détails de cette étude ne sont pas encore précisés, ce projet servira à illustrer l'application de nos théories dans un environnement concret.

Compréhension et utilisation de textes procéduraux par des techniciens experts et novices.

Il y a une distinction importante à faire en sciences cognitives concernant les différents modèles de la compréhension. Une première approche peut être caracterisée comme une théorie *basée sur les connaissances* ("knowledge-based") qui interprète le texte en référence à des représentations de connaissances déjà en mémoire; et une autre approche *basée sur des règles* ("rule-based") qui interprète le texte en construisant un modèle de celui-ci par l'application de règles qui génèrent un type particulier de représentation en mémoire.

Par exemple, si un document technique décrivant une procédure est lu par une personne connaissant déjà cette procédure (ou une autre qui lui est semblable), le texte peut être compris en utilisant ces connaissances en mémoire à long terme pour reconnaître les informations du texte. On peut modifier et augmenter au fur et à mesure de la lecture ses propres connaissances si nécessaire. Toutefois si le lecteur ne possède pas les connaissances spécifiques pour comprendre ce texte, il devra générer une représentation sémantique en utilisant un autre type de connaissances, celles de la structure d'une procédure. Ces connaissances consistent en une série de *règle de production* faisant partie d'une *grammaire*

cognitive de cadre , qui, dans ce cas particulier, produit des cadres procéduraux ("procedural frames") (Frederiksen 1985).

Les habiletés en compréhension de textes techniques consistent, du point de vue des modèles ci-haut mentionnés, en différents processus:

1) Ceux associés avec le retrait, la reconnaissance, et la modification des connaissances préalables lorsqu'en rapport avec les informations du texte, et,

2) Ceux associés avec la génération d'une nouvelle représentation de cadre basée sur une analyse sémantique du texte, et d'autres sources d'information, telles que celles dérivées du contexte ou de la mémoire à long terme.

Une carence au niveaux de ces deux types de connaissance devrait causer des problèmes de compréhension. Au niveau des processus basés sur les connaissances, une personne aurait de la difficulté à utiliser les connaissances préalables pour l'acquisition de nouvelles connaissances. Au niveau des processus basés sur les règles, il y aurait des problèmes d'acquisition de nouvelles connaissances dans le cas ou le domaine serait peu familier. Des problèmes de compréhension de documents techniques peuvent provenir d'une de ces deux causes.

Nous supposons que les compétences individuelles en compréhension de texte peuvent varier pour différentes raisons. En faite, notre étude porte sur ces processus chez différents groupes de techniciens utilisant des textes procéduraux standard utilisés dans l'industrie des pâtes et papiers, dénommé les standards CPPA. Ces documents se retrouvent dans un volume destiné à l'industrie, et qui sont utilisés par plusieurs ingénieurs et techniciens. Les trois groupes que nous étudions sont:

- **Des techniciens experts (I)** qui possèdent les connaissances nécessaires à la compréhension de la plupart des procédures CPPA qu'on leur présente,
- **Des techniciens experts (II)** qui sont familiers avec les textes procéduraux et les appareils en chimie mais qui n'ont pas utilisé les procédures CPPA qui leur sont présentées .
- **Des techniciens novices** qui ne connaissent pas les procédures CPPA, et qui n'ont pas beaucoup d'expérience avec des textes procéduraux non-familiers.

Ces trois groupes de sujets doivent lire, à l'aide du logiciel d'étude de la compréhension, des textes qui décrivent une procédure simple ou complexe. Le logiciel permet au sujet de contrôler la présentation du texte, dont les phrases s'accumulent une à une à l'écran de l'ordinateur. Il peut faire une pause au moment qu'il juge opportun pour décrire oralement son interprétation de la procédure. Après avoir lu et interprété le texte, le sujet doit rappeler la procédure en entier, et on demande alors de résoudre un problème dans le cas ou cette procédure faillierait.

Ces données expériementales servent à analyser les représentations sémantiques utilisées par le sujet, ce que nous faisons à l'aide de méthodes d'analyse du discours. Plus précisément nous nous intéressons aux phénomènes d'acquisition et de manipulation de l'information par le sujet, à leurs relations au contenu sémantique du texte, aux opérations cognitives utilisées durant l'interprétation du texte, à son rappel du texte et à la résolution du problème posé.

Nous croyons qu'à partir de l'observation expérimentale du comportement de ces trois groupes il serait possible:

(1) de modéliser les processus basés sur les connaissances préalables d'un des groupes d'experts; les experts techniciens I

(2) de modéliser les processus basés sur les règles du second groupe d'experts; les experts techniciens II (sans les connaissances précises des procédures CPPA).

(3) d'analyser les problèmes de compréhension propres aux techniciens novices dans ce domaine.

Des recherches du même type avec des étudiants en science et des spécialistes en médecine, indiquent que la complexité de la structure des informations dans le texte sert à différencier experts et novices. D'autres étude portant sur la *qualité d'un texte* ont démontrées que la façon dont la structure du texte est présentée dans un texte procédural a un effet très important sur la facilité de comprendre la procédure décrite. Les aspects importants d'un *texte de qualité* sont le type de linéarisation des informations de cadre du texte, et la façon dont les différents types d'informations du cadre sont différenciés. Alors que ces aspects de complexité sémantique et de qualité du texte sont reconnus, leurs effets sur le processus de compréhension reste imprécis.

Notre récent projet d'étude porte sur l'adaptation des stratégies de compréhension de nos trois groupes de techniciens lorsqu'ils doivent lire des textes plus compliqués. Nous commençons par donner aux sujets différentes versions des procédures CPPA.

Les tutoriels que nous envisageons de développer seront basés sur une version modifiée du logiciel d'étude de la compréhension ("l'analyste CADP"), et servira à former des novices à mieux comprendre et utiliser les procédures CPPA. Un premier type de tutoriel, <u>basé sur les connaissances,</u> assistera un sujet à mieux retrouver l'information déjà en mémoire et à la modifier pour mieux intégrer de nouvelles procédures (dans le cas, par exemple, où il faudrait apprendre les variations d'une procédure standard). Un deuxième type de tutoriel, <u>basé sur des règles sémantiques,</u> assistera le sujet dans une tâche de reconstruction de la structure d'une procédure inconnue en utilisant une "grammaire cognitive" spécialisée dans l'analyse des structures procédurales. Pour les deux types d'apprentissage nous utiliserons des textes simples et de bonne qualité, ainsi que des textes complexes et de moins bonne qualité.

Les résultats de ce type de recherche permettront d'identifier des *standards de rédaction de documents techniques* . Ces règles serviront à la rédaction de textes procéduraux, à mieux comprendre les problèmes de compréhension de procédures dans une langue seconde, ou lors de la traduction d'un tel texte. De plus, ces résultats aideront à indiquer comment les habiletés à résoudre un problème peuvent être améliorées à l'aide d'une meilleure compréhension du problème. Ainsi ces recherches permettent l'élaboration de tutoriels, de standards de rédaction, et d'outils qui ont une application pratique pour la rédaction de documents techniques dans l'industrie.

POUR COMPRENDRE LES SYSTEMES EXPERTS

Daniel DELMAS

Professeur adjoint
Ecole Polytechnique de Montréal
Département de génie mécanique
C.P. 6079, Succursale "A"
Montréal, Québec
H3C 3A7
CANADA

Issus de l'intelligence artificielle, les systèmes experts enrichissent les techniques d'assistance par ordinateur. Ils correspondent maintenant à un objet scientifique bien précisé dont on commence à mieux connaître la méthodologie d'implantation en entreprise.

Born in artificial intelligence, expert systems improve many computer-aided engineering tasks. Their scientific field is now well known, and implementation strategies in companies are undergoing.

1. Introduction

Les travaux menés sur un plan théorique en intelligence artificielle depuis 30 ans, couplés aux progrès de l'informatique, ont donné naissance, vers la fin des années 70, à des systèmes "intelligents", dénommés systèmes experts, qui sont développés actuellement dans de nombreuses disciplines à un rythme rapide mais inégal.

2. Besoins socio-techniques en expertise

Avant de discuter de solutions informatiques, posons clairement le problème du besoin de la disponibilité d'une expertise. Dans le terme générique de "système expert", "système" désigne un programme évolué et "expert" la forme codifiée d'une expertise, humaine plutôt que livresque, partagée par une ou plusieurs personnes de qualifications variées. Le terme plus technique est celui de "systèmes basés sur la connaissance" (knowledge-based systems).

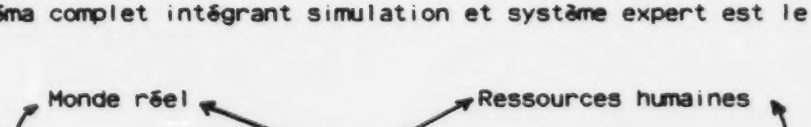
a) Les hommes

Dans l'espace xyz: la dispersion géographique est un problème fondamental, qu'il s'agisse de vendeurs ou de pompiers.

Dans le temps t : face à un vieillissement de la population active occidentale (F) et à des départs en retraite ($t \geq 60$), les tâches multiples ($t_i = t_j$) de durée excessive (∂t) confiées à des personnes expertes diverses ($t_a = t_b$) créent le besoin de simuler la facette humaine de l'entreprise, exactement comme la simulation a fourni une image du monde réel plus facile à exploiter (ex. : simulation de vol vs vol réel).

b) Le système

Le schéma complet intégrant simulation et système expert est le suivant:



Les flèches correspondent aux canaux de communication supportés chacun par une grande famille de logiciels.

Au niveau humain (la partie de droite), l'usager consulte ses collègues par téléphone, télex, etc., et le système expert par une interface la plus conviviale possible. La flèche la plus à droite indique qu'un expert physique a "donné" ses connaissances au système et, qu'en échange, le système retourne une possibilité de formation du personnel.

c) La taille financière

Un certain nombre des premiers systèmes experts connus a porté sur des secteurs de haute valeur où les revenus d'une journée peuvent atteindre 100 000 $ et plus. On comprend alors que certains systèmes aient été amortis dès leurs premières utilisations (ex. diagnostic en forage pétrolier).

Dans le cas de gains de productivité plus faibles, il convient de définir la nécessité et la rentabilité d'un système expert selon des critères de projet informatique classique complétés par les incidences sur certaines relations personnelles intra-entreprises (distribution du "pouvoir" lié à l'expertise, etc.).

3. Evolution de l'informatique et de l'intelligence artificielle

Au-delà des seuls modèles de calcul scientifique, l'informatique a, dans la dernière décennie, retrouvé sa vocation première de traitement de l'information constituant un poste de travail. C'est ainsi qu'a été formulé et surtout concrétisé au début des années 1970 ce qui l'est convenu d'appeler l'assistance par ordinateur (XAO).

Supportées par les progrès en hardware, notamment en matière de graphisme, les fonctions de dessin (DAO), puis de conception (CAO), tout d'abord développées dans les grandes entreprises (automobile, aéronautique, etc.), sont maintenant disponibles avec des ressources informatiques et financières plus modestes, comme celles des bureaux d'ingénieurs conseils ou des administrations locales (Marche et Delmas, 1984).

Il faut bien comprendre que ces innovations actuelles en réseaux locaux de micro-ordinateurs, Minitel, transmission des données par satellites ou ordinateurs portables sur le terrain sont là pour rester comme facteurs déterminants de productivité et d'investissement.

Du côté des logiciels, les frontières s'estompent entre langages et logiciels spécialisés ou généraux. Les tableurs ont rejoint le bureau du scientifique en récupérant des capacités de véritable langage évolué (ex. DBASE III). Les logiciels de mathématiques ne sont pas en reste avec les manipulateurs ou calculateurs symboliques : TK!Solver ou mu-MATH sur PC; REDUCE, MAPLE ou MACSYMA ("the" référence). Mais une nouvelle vague de logiciels qui arrive, celle qui est issue des techniques de l'intelligence artificielle.

En effet, l'informatique à ses débuts, à la fin des années 40, s'est fondée sur le traitement d'une information dont la forme la plus élémentaire était le bit de valeur 0 ou 1. L'architecture de nos ordinateurs actuels est encore totalement basée sur les paradigmes de cette époque (MOTO-OKA, 1984).

Si l'on a pu ainsi mettre en oeuvre tant l'informatique de gestion que l'informatique scientifique, l'on souhaite maintenant disposer d'une entité élémentaire d'information plus riche, plus ouverte à son environnement.

Les travaux de l'intelligence artificielle menés depuis la fin des années 50 proposent une unité d'information du type, par exemple, objet - attribut - valeur - confiance. Ainsi, l'attribut de l'objet animal peut être son pelage dont la valeur sera jaune à taches noires avec un degré de "confiance" de 75% car ledit animal court vite entre les arbres. Un tel quadruplet contient certainement plus d'information que notre bit 0-1.

Cependant, la création et l'utilisation de tels modèles de l'information ont effectivement exigé plus de 20 ans d'efforts pluridisciplinaires des logiciens - linguistes - neurologues - informaticiens et autres pour atteindre un niveau opérationnel sur des ordinateurs courants. D'autre part, des problèmes bien classiques jalonnaient ce parcours, pensons à l'énoncé

"Si l'on rend plus précis une proposition, on tend à accroître son incertitude (au sens non-certain)".

Le tableau suivant résume et compare les grandes étapes de l'informatique et de l'intelligence artificielle. On notera en particulier le redémarrage de l'IA après les promesses non-tenues des années 60, entre autres grâce à l'apport de la programmation logique (ex. le langage PROLOG).

INFORMATIQUE		INTELLIGENCE ARTIFICIELLE
Information = 0 ou 1		Logique + linguistique + psychologie + informatique + neurologie + ...
CALCUL AUTOMATIQUE GESTION	1950	STRATEGIES HEURISTIQUES
Programmation procédurale (FORTRAN)		*Programmation déclarative (LISP)*
SIMULATION BANQUES DE DONNEES GRAPHISME	1960	ECHEC DU "GENERAL PROBLEM SOLVER"
Microprocesseur	1970	*Programmation logique (PROLOG)*
CAO FAO XAO	1980	1980
Programmation par tableurs		*APPLICATIONS SPECIFIQUES* - reconnaissance de formes - langues naturelles - systèmes experts
BANQUES DE CONNAISSANCES 5 eme GENERATION MACHINES PARALLELES INTELLIGENTES	1990	APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE

4. Evolution des systèmes experts

Les systèmes experts visent à améliorer notablement les diverses techniques d'assistance par ordinateur (CAO, etc.), en se proposant de simuler certains modèles approximatifs du raisonnement humain (déductif, inductif, etc.) en représentant les connaissances par des formalismes plus souples (règles "si... alors...", règles de production, réseaux sémantiques, logiques multivalentes, etc.).

Restons ici hors du débat sur la finalité de l'Intelligence Artificielle au niveau épistémologique et philosophique, débat récemment relancé dans la revue du M.I.T. par Hubert et Stuart Dreyfus (1986). L'ingénierie, par exemple, a ses propres débats (environnement, etc.), mais peut s'appuyer sur une tradition de plusieurs siècles où la cohérence du couple objectifs visés - moyens disponibles a toujours été forte.

Comme ont commencé à le prouver certaines disciplines, les tâches de diagnostic, conception, maintenance, formation ou prévision peuvent être ainsi mieux assistées, particulièrement là où l'expertise humaine est difficilement disponible (dispersion sur le territoire, faiblesse des effectifs ou départs à la retraite). Cas fréquents de recours aux systèmes experts, les situations accidentelles et exceptionnelles qui dépassent les compétences du personnel régulier (Delmas, 1984; Hayes-Roth et al., 1983). Dans les développements de pointe par ailleurs, la masse de connaissances est telle que quelques individus seulement sont capables d'en tirer des aspects synthétiques (le manuel complet de l'un des derniers chars d'assaut de l'armée américaine a 11 000 pages!).

Au plan des relations humaines, la nécessité de faire "parler" les experts concernés pour établir la base de connaissances est une bonne occasion pour discuter des méthodes ou procédures de travail et un bon exercice d'intégration de l'outil informatique au cadre de travail social ou psychologique.

En fait, au-delà de la caractérisation par une expertise humaine pro-

fonde d'un domaine restreint, la qualité première d'un tel système réside dans ses structures logiques et déclaratives. Aussi, une nouvelle classe de progiciels apparaît qui bénéficie des retombées des plus puissants systèmes pour améliorer les outils actuels. Dans ces mini-systèmes experts, on vise à tirer le meilleur parti des diverses caractéristiques originales, comme le dialogue évolué (réponse à la question pourquoi?) entre l'usager et la machine, la facilité, théorique, de mettre à jour la base de connaissances ou la faculté de fournir des faits au fur et à mesure de leur disponibilité et de raisonner en connaissances incomplètes.

5. Structure d'un système expert

La structure de base d'un système expert comprend le moteur d'inférences, la base de connaissances sur le domaine considéré, divisée en base de règles et base de faits établis indépendamment du problème posé, et les interfaces de dialogue les plus "naturelles" possibles tant avec l'utilisateur qu'avec les experts entretenant la base de connaissances. Souvent un système d'agenda tient à jour la hiérarchie des tâches à accomplir et une trace conserve les étapes parcourues (Cordier, 1984).

Le moteur d'inférences sélectionne parmi les connaissances et les faits ceux qui contiennent des objets (prémisses ou conclusions) pertinents à la résolution du problème. La stratégie (en profondeur ou largeur d'abord, irrévocable ou non, etc.), le chaînage (le chaînage arrière, par exemple, est la recherche des prémisses qui prouvent la vérité d'une conclusion) et la monotonie (connaissances précises, certaines ou floues) sont autant d'exemples de caractéristiques originales de ces moteurs (Farreny, 1985; Dubois et Prade, 1985).

Les langages de manipulation d'expressions symboliques comme LISP ou PROLOG sont particulièrement adaptés à un tel traitement déclaratif, plutôt que procédural des connaissances (les règles sont appelées d'après leur contenu et non leur numéro), où l'usager peut, à tout moment, se faire expliquer le raisonnement suivi tandis que des interfaces avec des langages

comme FORTRAN permettent de tirer parti des programmes existants.

6. Le marché des systèmes experts

Le marché est très large puisque il va des logiciels pour ordinateurs personnels qui servent essentiellement à l'initiation et au maquettage, jusqu'aux projets nationaux (ex. le projet de 5ième génération japonais) ou internationaux (ex. le projet européen ESPRIT) (Feigenbaum et Mc Corduck, 1983).

Les produits offerts sont donc assez nombreux, même si une approche relativement empirique de leurs performances reste la règle.

En conséquence, la gamme de prix tant des services que des produits est extrêmement large à l'heure actuelle et un assainissement du marché est à attendre (à craindre pour certains...).

Dans certains cas, on observe des réactions de rejet de la part d'employés ou de dirigeants. Ceci peut tenir à une insuffisance d'information et de formation sur les fondements des systèmes d'inférences, à une faiblesse certaine de l'efficacité "industrielle" des premiers systèmes experts et également à un effet "grand public" désormais inévitable en informatique qui suscite de telles réactions chez certains.

7. La méthodologie de construction des systèmes experts

Les étapes sont classiques mêmes si elles portent des noms "rajeunis", si ce n'est "à la mode" :

- rencontres avec les experts et délimitation du champ d'expertise

  * S'il s'agit d'expertise humaine, on identifie la personne. Le singulier se justifie dans le cas où l'émetteur est effectivement une unique personne, mais également pour souligner que la modélisation d'expertises multiples engendre des contradictions qui ne peuvent

être résolues qu'à l'aide de modèles sophistiqués (appartenant plus à la recherche en IA qu'au développement).

* S'il s'agit essentiellement d'une intégration de logiciels outre le superviseur de l'aspect fonctionnel du projet, il convient de ne pas négliger la facette technique (disponibilité et qualité de la documentation des logiciels).

- maquettage : implanter les fonctionnalités et les évaluer indépendamment les unes des autres en vue d'une étude de faisabilité.

- prototypage : écrire et tester chaque fonctionnalité dans le contexte réel ou simulé.

- produit fini : exécuter les fonctions au sein du site de l'usager.

Remarque importante : l'emploi d'une programmation "logique" impose une structure claire dès la première ligne de code. Djikstra dirait : "les programmes qui marchent réellement ont toujours une structure logique".

Seconde remarque : on a compris que c'est l'aspect déclaratif qui doit faciliter ensuite l'enrichissement local de chaque noeud de la structure.

Finalement, ces nouveaux concepts et systèmes ont créé un nouveau personnage, celui de cogniticien (Bonnet, 1984), ou "ingénieur de la connaissance" (knowledge-engineer).

Celui-ci est responsable des interviews de l'expert humain, de la traduction dans le formalisme le plus adapté de ses connaissances, et du transfert de celles-ci dans la machine. En tant que généraliste, le cogniticien doit connaître suffisamment le domaine pour suivre le raisonnement de l'expert et tenir compte de l'environnement, tandis que comme spécialiste, il doit y retrouver les structures pertinentes déjà modélisées en intelligence artificielle et demander la programmation de celles-ci compte tenu des moyens informatiques. Enfin, la plupart des équipes

rencontrées nous ont confié avoir réécrit au complet le système après quelques mois. Des actions semblables ont d'ailleurs été menées avec des systèmes experts célèbres ou des langages (ex. LOGLISP et LISLOG).

Formation

La demande de formation initiale ou continue en systèmes experts est très forte. Outre le bassin des étudiants de 3ième cycle, on peut compter sur celui abordé par les séminaires donnés dans ou hors l'entreprise, pluridisciplinaires ou non (Delmas, 1985).

8. Quelques réponses techniques

Oui, les techniques de base sont bien assez matures pour que l'on puisse aborder différents problèmes dont ceux de l'ingénierie. Nous nous démarquons ici par cette approche "utilitaire" de la préoccupation de l'intelligence artificielle vis-à-vis de l'étude fondamentale des processus cognitifs, humains ou artificiels.

Non, les analystes-programmeurs ne disparaissent pas du processus, même dans le cas d'utilisation d'un outil de développement de système expert. Comme pour tout autre logiciel d'ampleur, les phases d'écriture, de test et surtout de maintenance du programme ne peuvent être correctement réalisées que par des professionnels. D'ailleurs, comme montré précédemment, les informaticiens constituent l'autre clientèle visée par les produits de l'IA, et leur tâche est ainsi facilitée.

Oui, les outils de développement de système expert sont une voie intéressante pour écrire un système expert. Leur apprentissage et leur utilisation sont parfois délicats. Leurs caractéristiques fixées et connues au départ permettent dans les premières phases de choix du mode de codification des connaissances et de maquettage de ne pas se disperser, mais laissent ensuite apparaître certaines limites qui, pour les mieux soutenus d'entre eux, sont progressivement repoussées par leur constructeur (cf. les évaluations de

la NASA dans Military Advanced Computing, 24 mars 1986).

Non, il n'est pas facile de choisir un "shell". Les caractéristiques sont très variées, les évaluations rares, la logique des prix est abscone et, enfin, de nouveaux produits apparaissent aux côtés des quelques systèmes les plus cités (ex. : ART, KEE, S.1, M.1).

Oui, la théorie du contrôle (optimal, adaptatif ou d'apprentissage) rejoint les systèmes experts, car elle vient de la théorie des systèmes linéaires, ceux-ci partageant avec l'IA les concepts de graphes, de réseaux et de communication (Hawkins, 1985).

5. Conclusions

Les systèmes experts actuels sont, à toute fin pratique, des maquettes ou prototypes d'origines très diverses, - universités, organismes gouvernementaux ou entreprises privées -, qui évoluent vers un stade opérationnel par les travaux suivants:

- l'amélioration de l'efficacité des langages,
- l'amélioration des procédures et de la documentation des interfaces courantes de graphisme, bases de données, etc.,
- le développement d'outils (plus ou moins puissants, d'ailleurs) de construction de systèmes experts,
- l'amélioration de la méthodologie de travail du cogniticien lors de la saisie de l'expertise,
- et enfin, surtout connues pour coder l'expertise d'un homme, les caractéristiques originales des systèmes d'I.A. peuvent servir à améliorer des logiciels existants, particulièrement au niveau du dialogue avec l'usager.

Si l'emploi des micro-ordinateurs est très intéressant dans la phase d'initiation, les performances s'y dégradent actuellement assez rapidement. Il convient donc d'avoir un bon prototype du système, puis de l'adapter au système local utilisé.

Enfin, l'effort de formation doit se poursuivre, la "masse critique" d'analystes et de "cogniticiens" n'étant pas partout atteinte.

Cependant les origines pluridisciplinaires de l'intelligence artificielle permettent à chacun d'y retrouver une partie de ses connaissances et donc d'intégrer ces nouvelles techniques sans crainte inutile.

10. Remerciements

Nous remercions le Conseil National de Recherche en Sciences Naturelles et en Génie du Canada pour sa contribution financière A-5867.

11. Bibliographie

BONNET, A., 1984, "Intelligence artificielle. Promesses et réalités", InterEditions, 1984.

CORDIER, M.O., "Les systèmes experts", La Recherche, janv. 1984, no 151, p. 60-70.

DELMAS, D. (éd.), "Intelligence artificielle et systèmes experts", Comptes rendus de Journée Augustin Frigon, Ecole Polytechnique de Montréal, 9 nov. 1984, 248 pages.

DELMAS, D., "Enseignement de l'intelligence artificielle", TSI - Technique et Science informatiques, vol. 4, no 6, nov.-déc. 1985, p. 558-560.

DREYFUS, H. et S., "Why computers may never think like people", Technology

Review, M.I.T., Boston, vol. 89, no 21, jan. 1986.
DUBOIS, D. et PRADE, H., "Théorie des possibilités", Masson, 1985.

FEIGENBAUM, E.A. et MC CORDUCK, P., "The fifth generation", Addison-Wesley, 1983.

FARRENY, H., "Les systèmes experts. Principes et exemples", Cepadues, Toulouse, 1985.

GAINES, B. et SHAW, H., "Expert systems and simulation", Artificial Intelligence Graphics and Simulation, 1985 SCS Multiconference, San Diego, 24-26 jan. 1985.

HAWKINS, R., "Artificial intelligence from the systems engineer's viewpoint", Artificial Intelligence and Simulation, SCS, 1985.

HAYES-ROTH, F., WATERMAN, D.A. et LENAT, D.B., "Building expert systems", Addison-Wesley, 1983, 444 pages.

MARCHE, C. et DELMAS, D., "Le concept d'assistance par ordinateur dans l'enseignement et la pratique de l'ingénierie hydraulique", Colloque sur la simulation numérique appliquée au domaine de la ressource hydrique, Université Laval, Québec, 9-10 mai 1984.

MOTO-OKA, T., "Les ordinateurs de cinquième génération", La recherche, avril 1984, no 154, p. 516-525.

Systèmes d'information Organisationnels et intelligence artificielle: quelques perspectives.

Bernard ESPINASSE

Professeur à L'Université LAVAL,
Faculté des Sciences de l'Administration,
département Systèmes d'Information Organisationnels,
Québec, Province du Québec, G1K7P4, CANADA.

1. Introduction

Les systèmes d'information organisationnels s'intéressent à des organisations principalement socio-économiques et socio-techniques. De façon schématique et pour les besoins de cet exposé on classera ces systèmes en deux grandes catégories; les systèmes transactionnels et les systèmes d'aide à la décision.

Les systèmes transactionnels peuvent être associés à la *cinématique* de l'organisation que l'on définiera comme l'étude des comportements répétitifs, routiniers de l'organisation [B.ESPINASSE 81] qui s'observent principalement sous la forme de procédures, de décisions programmables et automatisables. Ces systèmes ont pour objet principal de prendre en compte, sous forme informationnelle, des transactions de toute nature effectuées au sein de l'organisation et avec son environnement. Ces transactions sont représentées par des données principalement numériques et alphanumériques qu'il s'agit de collecter, mémoriser, transformer. Pour mieux gérer et exploiter ces données on utilise des outils puissants tels que les bases de données et les systèmes de gestion de bases de données (SGBD).

Les systèmes d'aide à la décision (DSS dans la littérature anglophone) seront eux associés à la *dynamique* de l'organisation définie schématiquement comme étant l'ensemble des comportements non routiniers de l'organisation nécessaire à son fonctionnement et son évolution. Ces comportements non routiniers sont principalement observables sous la forme de décisions non programmées. Depuis plus d'une dizaine d'années on a tenté de concevoir des systèmes informatisés pour aider les gestionnaires à prendre certaines de ces décisions. Ces systèmes se comportent principalement comme des amplificateurs de raisonnement, comme des prothèses intellectuelles et se caractérisent par leur nécessaire interactivité entre l'homme et la machine, aussi parle-t-on de systèmes interactifs d'aide à la décision (SIAD).

La conception et la réalisation de ces deux types de systèmes nécessitent l'usage d'outils informatiques et de méthodes de conception. Ces outils sont d'ailleurs la plupart du temps à l'origine de méthodologies dont le but est de permettre un usage plus satisfaisant de ces outils dans le contexte de l'organisation. Cela a été par exemple le cas pour l'usage des bases de données et SGBD qui ont conduit à l'émergence de méthodologies sur la modélisation des données et la conception de systèmes d'information transactionnels.

En ce qui concerne l'aide à la décision, différents outils ont aussi vu le jour, citons par exemple les chiffriers électroniques qui connaissent actuellement un grand succès. Quant aux méthodes, peu d'éléments méthodologiques se sont vraiment affirmés. Ce manque d'éléments méthodologiques nous semble lié à la puissance encore limitée de certains outils informatiques disponibles et à notre compréhension encore réduite des processus décisionnels. Cet état de fait conduit très souvent à ce que ces systèmes d'aide à la décision n'aient aucun lien avec les systèmes transactionnels. Ce qui peut sembler paradoxal, les systèmes transactionnels étant les garants d'une bonne partie de la mémoire

organisationnelle dans laquelle les systèmes d'aide à la décision devraient pouvoir aller puiser des informations.

Depuis une dizaine d'années, d'importants progrès ont été réalisés dans le domaine de l'intelligence artificielle, et principalement dans les systèmes à bases de connaissances. Nous allons maintenant essayer de cerner quelles pourraient y être les perspectives d'application de l'intelligence artificielle au domaine des systèmes d'information organisationnels.

2. Données et connaissances

Un des grands apports de l'intelligence artificielle dans les sciences informatiques nous semble être le passage d'un niveau d'intérêt situé à la donnée numérique ou alphanumérique à un niveau d'intérêt plus symbolique que l'on peut associer à la connaissance, sa représentation et sa manipulation. Aussi le principal apport de l'intelligence artificielle au domaine des systèmes d'information nous apparait être la considération nouvelle du concept de connaissance dans les systèmes d'information et dans l'organisation même.

Comme nous l'avons précédement mentionné, les systèmes d'information transactionnels concernent exclusivement la gestion et la manipulation de données principalement numériques ou alphanumériques. Le développement actuel de systèmes d'information organisationnels se caractérise par une indépendance de plus en plus grande entre les structures de données et de traitements. Cette indépendance a contribué à structurer une partie des connaissances se rapportant aux données de l'organisation pour constituer en quelque sorte une mémoire de l'organisation.

Faut-il croire pour autant que les bases de données existantes doivent être considérées comme des bases de connaissances? Nous ne le pensons pas, en effet une simple donnée ne constitue pas en tant que telle une connaissance, seule une interprétation, une visualisation, un traitement spécifique, l'émergence d'un lien significatif avec d'autres données peut générer de la connaissance.

Il est alors pertinent d'essayer de différencier schématiquement les bases de données des bases de connaissances. Les bases de données sont une collection souvent très importante, notament en gestion, de données représentant des faits. Les mises à jour de ces données sont faites de façon routinière par l'organisation. L'exactitude de ces faits peut être déterminée de façon relativement objective par comparaison des valeurs des données avec les observations du monde réel. Les bases de connaissances pour leur part contiennent des informations à plus haut niveau d'abstraction que les données d'une base de données. Elles concernent plutôt des classes d'objets que des occurrences d'objets, objets pouvant être des données de la base de données. La connaissance est souvent générée par des experts et peut être subjective. Contrairement aux données, les connaissances ne changent pas aussi vite et demandent bien souvent la médiation d'un expert.

Cette nouvelle possibilité de l'outil informatique à ne plus seulement traiter des données mais aussi des connaissances nous semble fondamentale dans le développement de systèmes d'information organisationnels, tout d'abord en ce qui concerne la cinématique de l'organisation dans la gestion et l'exploitation des données constituant la mémoire organisationnelle et ensuite dans l'extension de cette mémoire en prenant en compte plus de connaissances symboliques utiles à la dynamique de l'organisation.

3. Cinématique de l'organisation et intelligence artificielle

Les systèmes transactionnels associés à la cinématique de l'organisation ont pour objet principal de prendre en compte, sous forme informationnelle, des transactions de toute nature effectuées au sein de l'organisation et avec son environnement. Ces transactions sont représentées par des données principalement numériques et alphanumériques qu'il s'agit de collecter, mémoriser, transformer. Pour mieux gérer et exploiter ces données on utilise des outils puissants que constituent les bases de données et les systèmes de gestion de bases de données (SGBD). La mémorisation, la structuration et la transformation de ces données se fait selon un certain nombres de règles permettant d'assurer un certain homomorphisme entre l'activité de l'organisation et sa mémoire que constitue son système d'information.

3.1 Connaissances pour la gestion et l'exploitation des données

Ces règles sur les données constituent des connaissances ou même des méta-connaissances si ces données sont considérées comme des connaissances. Certaines de ces connaissances sont déjà formalisées de façon implicite dans les systèmes de gestion de bases de données. On peut classer les connaissances liées à la gestion et à l'exploitation d'une base de données ainsi:

Connaissances du domaine de définition des données: elles donnent lieu à des contraintes d'intégrité sémantiques. Elles concernent d'une part le type de la donnée (entier, alphanumérique, masculin /féminin,.....) et l'ensemble de valeurs qu'elle peut prendre (âge compris entre 1 et 150,...). Elle peuvent avoir aussi un aspect plus dynamique en précisant un certain nombre de restrictions dans les changement possibles de certaines données, (par exemple changement de valeurs du statut matrimonial).

Connaissances structurelles: elles sont en fait mises en évidence surtout lors de la conception même de la base de données. Elles concernent des contraintes d'intégrité liées aux données. Citons parmi celles-ci les contraintes d'intégrité référencielles: Elles lient les occurences référées d'un type de données à des occurrences référantes d'une autre type de données de la base. Par exemple, soit les deux type de données:

- Employé (nom, ..., #département,..)
- Département (#département, ...)

On dit que l'attribut #département d'une occurrence d'Employé doit référer à une occurrence de Département dont l'attribut a la même valeur. A cet aspect statique peuvent être associées des règles dynamiques d'insersion-destructruction:

-l'insertion d'une occurrence référante est interdite s'il n'existe pas dans la base d'occurrence référée
-la destruction d'une occurrence référée est interdite s'il y a présence d'occurenc[illegible]férante.

Ces règles peuvent être plus nuancées. On notera que ces contraintes de références sont déjà traitées dans de nombreux systèmes de gestion de bases de données de type réseau (voir par exemple les recommendations CODASYL).

Connaissances procédurales générales: à un niveau d'abstraction plus élevé, il serait intéressant de disposer et de mettre en oeuvre des connaissances sur les méthodes et les procédures de génération et d'analyse d'ensembles de données (statistiques,...). En effet, un des objectifs importants de l'application des connaissances aux bases de données est la réduction de la grande quantité de faits de

la base. Cette réduction peut consister par exemple en l'extraction de grands sous-ensembles de faits et leurs analyse en faisant appel à de la connaissance spécifique.

Connaissances spécifiques à une application: un large corps de connaissances relatives à une application particulière peuvent être mises en relation étroite avec une base de données, ces connaissances peuvent être contenues dans un programme, ou sous forme de déclarative dans une base de règles.

Connaissance sur le système lui-même: Il peut être intéressant d'avoir de la connaissance sur les performances des fonctions de manipulation des données par les SGBD.

3.2 Connaissances et bases de données relationnelles

De nombreux travaux de recherche ont été menés autour des bases de données relationnelles. Le modèle relationnel, par ses bases théoriques mathématiques, se prête fort bien à une représentation logique. En effet les bases de données relationnelles peuvent être étudiées comme une particularisation de la logique des prédicats du premier ordre avec les hypothèses suivantes:

- de fermeture du domaine: les occurrences apparaissant dans la base sont les seules à exister,
- d'unicité de nom: les occurences avec des noms distincts sont distinctes,
- de monde fermé: les seules instances possibles d'une relation sont celles qui sont déjà impliquées dans la base de données

Ce résultat, [R.REITER 84], est fondamental car il s'en suit que de nombreuses techniques développées en logique, telles que la démonstration de théorème et l'application de théorème devraient apporter des solutions par exemple à l'évaluation de "Query" pour des bases de données à information incomplète, à la vérification de contraintes d'intégrité, à la modélisation conceptuelle et à l'extension du modèle relationnel à incorporer plus de signification. Dans cette voie, de nombreuses applications potentielles de l'intelligence artificielle existent, nous allons en présenter brièvement quelques unes.

3.3 Apport de l'intelligence artificielle aux langages de quatrième génération

Dans le domaine des systèmes d'information organisationnels les langages de quatrième génération prennent une place de plus en plus grande. Sans entrer dans une définition précise de ces langages, on distinguera d'une part les langages orientés développement (généralement procéduraux), permettant de réaliser des applications spécifiques autour d'une base de données et les langages de requête (dont certains sont non-procéduraux), facilitant l'interrogation de la base de données.

3.1.1 Apport de l'intelligence artificielle aux langages de requête

Les langages de requête sont de plus en plus utilisés dans les organisations. Un certain nombre de problèmes relatifs à leur utilisation pourraient en grande partie être résolus en faisant appel à des techniques d'intelligence artificielle. Nous allons évoquer quelques uns de ces problèmes et présenter brièvement certaines de leurs solutions relevant de l'intelligence artificielle.

Langage de formulation des requête

Un des problèmes liés à ces langages de requête concerne *le langage même dans lequel sont formulées les requête* . Les langages de requête aux bases de données s'adressent de plus en plus à des utilisateurs gestionnaires, moins familiers avec des concepts informatiques. Les requêtes sont actuellement écrites dans un langage intermédiaire devant être analysé aussi bien par la machine que par l'utilisateur, un exemple de requête:

```
SELECT nom FROM employé
        WHERE age > 30 AND
        salaire < AVERAGE ( SELECT salary FROM employé
                WHERE département = " Production")
```

En fait dans beaucoup de systèmes d'information les requêtes à une base de données ne sont pas directement écrites par les gestionnaires, ceux-ci ne font bien souvent que paramétrer des questions déjà composées et enregistrées par des informaticiens. Cette pratique s'avère performante face à des problèmes routiniers peu complexes, mais dés que ces derniers deviennent nouveaux et complexes, les gestionnaires devraient être capable de formuler eux même leurs propres requêtes. Aussi est-il nécessaire de rendre ces langages de requête de plus en plus facile à utiliser par des utilisateurs non-informaticien, ce qui conduit à développer des interfaces plus intelligents. L'utilisation de la programmation logique et en particulier du langage Prolog pour le développement de tels interfaces semble tout à fait indiqué, rappelons que les premiers problèmes auquels se soit attaqué Prolog concernaient la traduction automatique.

Interprétation des réponses

Un autre problème lié à l'utilisation de ces langages de requête concerne *l'interprétation des réponses* qui peuvent être fournies à une requête. Supposons par exemple qu'en réponse à la requête précédente, le système n'ait rien trouvé, ceci peut signifier:

-soit il n'y a pas d'employé ayant plus de 30 ans,
-soit il n'y a pas d'employé dans le département de production,
-soit il n'y a pas de département de production,
-soit enfin il n'y a pas d'employé ayant plus de 30 ans qui gagne moins que la moyenne

Un système de requête devrait être capable d'interpréter une telle réponse. Ainsi lorsque la réponse à une réquête posée par un gestionnaire est à sa grande surprise vide, le système de requête pourrait considérer une par une les différentes restrictions d'ensembles intervenant dans la requête. Cette interprétation ne peut se faire qu'en faisant appel à des connaissances sur l'organisation structurelle et la sémantique de la base de données.

Performance

Ces évolutions vers une plus grande convivialité des langages de requête demandent de plus en plus de ressources informatiques et se pose plus encore le problème, déjà présent, de leur *performance*. Pour être performants, ces langages doivent être capables de s'optimiser d'eux-même, c'est à dire par exemple de:

-reconnaître que plusieurs usagers posent en même temps la même question, auquel cas il pourra être répondu de façon collective,
-analyser toute requête de façon à optimiser les opérations de recherche sur la base de données et au cas ou plusieures requétes sont faites simultanément, éviter des duplications sur des parties de requêtes.

-après analyse d'une requête, être capable de mettre en œuvre un certain nombre d'algorithmes d'optimisation, de récursivité, de convergence.

Dans la gestion de bases de données relationnelles, des systèmes à bases de connaissances contenant des règles de manipulation de relations peuvent être utilisés pour optimiser, améliorer, modifier de façon plus optimale une requête. Ainsi le langage Prolog et ses mécanismes d'inférences, se prête bien à la manipulation des relations du modèle relationnel et en particulier au calcul relationnel; chaque relation sera représentée par une clause et tout attribut sera associé à une variable d'une clause.

Une solution originale [JARKE, CLIFFORD et VASSILIOU 84], consiste à réaliser un couplage fort entre un système orienté connaissance écrit en Prolog et une base de données relationnelle accessible à partir d'un langage de requête classique comme SQL (ou QUEL, PASCAL/R). Le système orienté connaissance en Prolog, possède une base de faits où seront stockés des résultats intermédiaires de requête et une base de règles permettant le traitement des visions récursives liées aux requête. Le langage Prolog permettra de définir des vues sur des relations et sera employé par l'utilisateur pour formaliser ses requête:

soient deux relations:

```
EMPT( #emp,nom,salaire,#dept)
DEPT( #dept,fonction,#manager)
```

soit la vue (clause Prolog):

```
TRAVAIL_POUR (X,Y) -->
        EMPL (_,X,_,D),
        DEPT (D,_,M),
        EMPL (M,Y,_,_).
```

La requête " Qui travaille pour Jean et gagne moins de 30000$?" pourra être formulée par l'utilisateur directement en langage Prolog:

```
TRAVAIL_POUR (X,Jean),
EMPL (_,X,S,_), LESS (S,30000).
```

Les mécanismes d'inférence de Prolog, avec la définition de clauses-règles seront utilisés notament pour analyser les requête et gérer la base de faits constituée pae les résultats aux requêtes. Le mécanisme de couplage utilise un langage intermédiaire d'appel à la base de donnée (Data Base Calls Langage), qui décompose le problème d'optimisation et génère les ordres en SQL. *L'optimisation locale* consistera à supprimer la redondance des prédicats écrits en langage intermédiaire afin d'éliminer l'exécution d'opérations non nécessaires. *L'optimisation globale* pour sa part déterminera tout d'abord les parties des expressions en langage intermédiaire évaluables par la base de faits en Prolog et celles qui devront être satisfaites par une interrogation à la base de données en SQL, et enfin décidera si les résultats d'une telle requête devra être mémorisés dans la base de faits du système en Prolog pour de futures références.

Evolution de la demande

Enfin les utilisateurs ont des *demandes envers ces langages de plus en plus élaborées, sophistiquées*, qui relevaient jusqu'à présent de programmes d'application spécifiques. Pour que les systèmes de requête actuels puissent satisfaire ces demandes il est nécessaire de leur introduire plus de

connaissances, connaissances qui leur permettraient par exemple de faire référence à des modèles que l'usager se définirait sur son domaine.

3.3.2 Les langages orientés développement d'applications

L'usage de langage de manipulation de données de très haut niveau de spécification autour de bases de données, a considérablement facilité le développement d'applications réalisées d'une part par les informaticiens, et d'autre part par les utilisateurs eux-mêmes.

La gestion des transactions et les contrôles d'intégrité

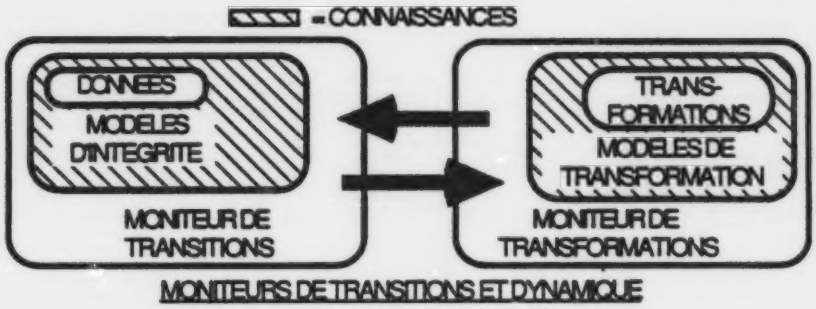
Les changements d'états d'une base de données entrainés par des transactions de mise à jour doivent respecter les contraintes d'intégrité que nous avons évoquées précédement. L'utilisation de plus en plus grande de langage de quatrième génération en développement d'applications par les usagers eux-mêmes, pose de plus en plus le problème des contrôles d'intégrité. Le traitement de transactions d'usager ne conduisant pas à un état de la base parfaitement intègre prend alors toute son importance. Ce traitement peut être envisagé selon différentes alternatives:

-soit il y a rejet de la transaction effectuée par l'usager
-soit la transaction est acceptée sans pour autant effectuer de changement d'état à la base de données. Le système attend pour les effectuer que l'usager ait fait d'autres transactions qui assureront l'intégrité
-enfin, il peut y avoir suite à une transaction, génération et déclenchement de nouvelles actions qui laisseront la base dans un état cohérent, on parle alors de propagation.

Le contrôle d'intégrité n'est pas seulement lié aux transactions effectuées par les usagers non-informaticiens mais est aussi à l'origine d'efforts importants de la part d'analystes et programmeurs pour assurer l'intégrité de la base de données lorsqu'ils construisent des écrans de saisie et de mise-à-jour: l'élaboration de ces écrans consomme plus de la moitié du temps requis à la programmation d'applications utilisant les SGBD relationnels.

Actuellement, les SGBD les plus performants sont capables d'emmagasiner et d'assurer quelques contraites d'intégrité, par exemple la création et la suppression d'ensembles dans certains systèmes de type réseau ou de tuples dans certains systèmes de type relationnel. Des spécifications sont alors incorporées dans le schéma de la base. Un contrôle plus puissant, plus intelligent, nous semble être possible par l'introduction dans les systèmes de gestion de base de donnés de plus de connaissances en faisant appel à des techniques relevant de l'intelligence artificielle. Cette connaissance peut être par exemple introduite sous forme de clauses Prolog [VASSILIOU, CLIFFORD, JARKE 84], ou de règles de production [STONEBRAKER 84], qui pourraient être définies de façon souple non incorporées de façon rigide à un shéma ou dictionnaire.

Il est vraissemblable que la prise en compte par les SGBD de telles connaissances conduirait à une évolution assez profonde de leur architecture mettant par exemple en évidence la présence de deux moniteurs [B.ESPINASSE et R.MANTHA (1986)]: *le moniteur dynamique* qui se préoccuperait de l'interaction du système d'information avec l'environnement organisationnel et le *moniteur de transition* qui effectuerait les opérations de changements d'états sur la base de données [TARDIEU et al. 81]. Les deux moniteurs devraient s'assurer que des règles de changements d'état de la base de données soient respectées:



MONITEURS DE TRANSITIONS ET DYNAMIQUE

Ce concept de moniteur nous apparaît essentiel au point que des mécanismes de support permettant d'assurer leurs fonctions nous semblent devoir être incorporés aux SGBD actuels. Notons que de tels mécanismes de support ont déjà été conçus pour assurer une indépendance entre les données et les traitements dont le bien fondé n'est plus à démontrer. Les moniteurs dynamique et de transition à leur tour nous semblent permettre *une indépendance entre les règles de transformation des données assurant l'intégrité de la bases de données et les programmes d'application* . Cette indépendance, souhaitable pour obtenir une meilleure intégrité et une économie appréciable de code, se ferait par l'entremise de tels moniteurs qui opéreraient sur un ensemble de règles régissant la transformation des données. Ces règles distinctes des programmes d'application, s'exprimeraient de façon déclarative et seraient mises en oeuvre selon des techniques relevant de l'intelligence artificielle (clauses Prolog ou règles de production).

Des langages de développement plus déclaratifs

L'indépendance entre les règles de transformation des données assurant l'intégrité de la base de données et les programmes d'application que nous avons évoquée précédement peut être dans une certaine mesure recherchée en ce qui concerne les règles de gestion implicites dans tout programme d'application. L'utilisation de langages de développement permettant de mettre en oeuvre des règles de gestion exprimées de façon déclarative et mis en oeuvre selon des mécanismes d'inférence nous semble de nature tout d'abord à réduire le temps et le coût de développement des applications, ensuite d'alléger de façon considérable la maintenance des applications en la ramenant du niveau du code au niveau des spécifications, ce qui a pour conséquence d'en réduire considérablement les coûts et de permettre une évolution plus facile, et enfin, nous semble-t-il, à remettre en cause dans une certaine mesure les méthodes de conception de systèmes d'information en les rendant plus légères et plus prototypales.

Par exemple, dans le domaine de la paie, les systèmes informatiques sont souvent très lourds à maintenir, du fait qu'ils doivent constament s'adapter à des nouvelles réglementations. De bons paramétrages ne suffisent pas, souvent d'importantes ressources humaines du département informatique sont requises pour assurer ces mises à jour qui affectent souvent le code des programmes. Une approche orientée connaissance résoud en partie ces problèmes [C.LEVESQUE (1984)] les réglementations sont mémorisées sous formes de règles déclaratives que l'usager peut modifier aisément, un calcul de paie est alors assuré par un moteur d'inférence qui met en œuvre ces règles sur la base de données des employés.

4. Dynamique de l'organisation et intelligence artificielle

La dynamique de l'organisation peut être définie schématiquement comme étant l'ensemble des comportements non routiniers de l'organisation lui permettant d'évoluer. Ces comportements non routiniers sont principalement observables sous la forme de décisions non programmées. Depuis plus d'une dizaine d'années la conception de Systèmes d'Aide à la Décision constitue un axe de recherche important en Systèmes d'Informations. Elle s'appuie sur des modèles dans lesquels le processus de décision est considéré comme une activité se déroulant au sein d'une organisation mais aussi en même temps comme un processus cognitif. Ces systèmes se comportent principalement comme des amplificateurs de raisonnement, comme des prothèses intellectuelles et se caractérisent par leur nécessaire interactivité entre l'homme et machine, aussi parle-t-on de systèmes interactifs d'aide à la décision (SIAD).

4.1 Cadres conceptuels et architecture des SIAD actuels

Dans l'abondante littérature traitant le sujet, les auteurs s'accordent pour appeler SIAD les systèmes informatiques que l'on construit pour assister les gestionnaires dans la prise de décisions semi-structurées ou mal structurées. Le consensus s'établit aujourd'hui autour de quelques caractéristiques assez bien définies [R.H. SPRAGUE et E.D.CARLSON (1982)]:

- ils concernent les problèmes semi-structurés auxquels les gestionnaires font face;
- ils combinent l'usage de modèles ou de techniques analytiques avec des accès à des bases de données transactionnelles;
- ils doivent être faciles à utiliser par des usagers non informaticiens dans un mode interactif, directement ou par l'intermédiaire d'un chauffeur;
- ils doivent prendre en compte les spécificités de l'environnement et les caractéristiques cognitives du décideur.

Les cadres conceptuels utilisés pour la conception et l'étude des SIAD s'inspirent généralement des différents modèles du processus de décision proposés par H.A.SIMON: processus de décision en trois phases imbriquées (intelligence, conception, sélection), décisions programmables versus non programmables et concept de rationalité limitée. Le cadre conceptuel le plus cité dans la littérature est celui de G.A.GORRY et S.SCOTT MORTON (1970) qui s'appuie sur le modèle des types de décisions programmables versus non programmables, ainsi que sur celui de la classification des niveaux de gestion dans la formulation proposée par R.N.ANTHONY. Il est aussi parfois fait appel au concept de type psychologique comme l'ont fait notament Mc KENNEY et KEEN (1974).

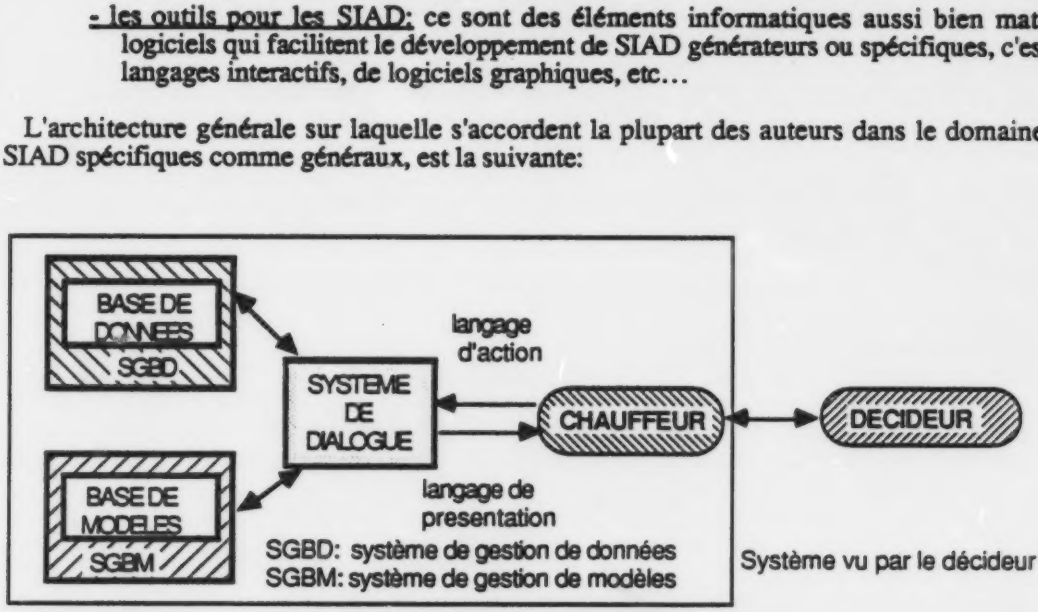
Deux grandes approches de conception de SIAD sont évoquées dans la littérature. Une première approche consiste à concevoir un SIAD à partir d'outils de traitement d'information interfacés avec l'usager par un bon langage non procédural. Un bon exemple est l'utilisation des chiffiers électroniques (LOTUS, VISICALC, MULTIPLAN, EPS...) et donc à partir d'un logiciel général, s'en servir pour la tâche posant problème. Une deuxième approche consiste à élaborer un SIAD spécifique pour une tache donnée. On peut aussi comme le font R.S. SPRAGUE et J.E.D. CARLSON, classer les SIAD selon trois catégories ou "niveaux technologiques" liés à leur technologie [SPRAGUE 82]:

-les SIAD spécifiques: ce sont des logiciels et matériels utilisés par un ou plusieurs décideurs pour un ensemble de problèmes spécifiques et interreliés. C'est le cas par exemple du système P.M.S. [KEEN 78], conçu pour la gestion de portefeuille ou un système d'allocation de rondes de police pour la ville de San José.

- les générateurs de SIAD: ce sont des logiciels permettant de construire des SIAD spécifiques de façon rapide et facile. Ce sont des sortes de boîtes à outils intégrés pour la réalisation de SIAD spécifiques (SIAD générés). De nombreux produits sont déjà disponibles sur le marché informatique, notament pour le domaine de la planification budgétaire et financière. Citons l'étude de N.HOPPEN et J.TRAHAND [HOPPEN 84], sur les spécificités, les critères de sélection et les aspects de mise en œuvre de tels produits.

- les outils pour les SIAD: ce sont des éléments informatiques aussi bien matériels que logiciels qui facilitent le développement de SIAD générateurs ou spécifiques, c'est le cas de langages interactifs, de logiciels graphiques, etc...

L'architecture générale sur laquelle s'accordent la plupart des auteurs dans le domaine, pour les SIAD spécifiques comme généraux, est la suivante:



ARCHITECTURE S.A.D. ACTUELS

Notons que dans la plupart des SIAD de grande envergure, il s'avère nécessaire de faire appel à un intermédaire entre le décideur et le système, on nomme cette personne le chauffeur. Les systèmes d'aide à la décision actuels sont constitués de trois sous systèmes, le systèmes de dialogue, le système de données et le système de modèles.

Le système de dialogue

Une grande partie de la puissance des systèmes d'aide à la décision est liée à leurs capacités d'interaction avec l'usager. Pour assurer cette interactivité, J.BENNETT, distingue [SPRAGUE 82]:

- le langage d'action, par lequel l'usager communique au système ce qu'il veut faire. (clavier, souris, touches fonction,...)
- le langage de présentation, langage par lequel le système communique avec l'usager (écran, imprimante, fenêtre,...).
- aides à la manipulation du système: elles contiennent ce que l'usager doit savoir sur le fonctionnement du système pour que la session puisse se faire correctement.(manuel d'utilisation, aides en ligne,...).

La puissance d'un système de dialogue sera liée à ses capacités à traiter une grande variété de styles de dialogue, et permettre à un usager de changer de style. Il est souhaitable de définir différents styles de dialogue liés à des niveaux d'apprentissage différents. Le système de dialogue doit pouvoir aussi accommoder les actions des usagers selon une variété de périphériques d'entrée et présenter des

données avec une grande variétés de formats de sorties. Enfin il doit toujours offrir à l'usager une aide flexible à l'utilisation de l'outil.

Le système de données

Les avantages liés à l'utilisation des systèmes de gestion de bases de données (SGBD), qui sont très largement utilisés dans les systèmes transactionnels, doivent être mis à profit dans le développement de SIAD. Le SGBD permet alors d'assurer la création, la génération et la restructuration, la mise à jour , l'interrogation et l'extraction de la base de données (langages de requête).

Cependant, la plupart des SIAD actuels ont trouvé plus commode de créer leur propre système de gestion de bases de données, au lieu d'employer ceux déjà utilisés dans les systèmes d'information transactionnels. Ceci pour la raison principale que les bases de données utilisées par les SIAD diffèrent généralement des bases de données gérées dans les systèmes transactionnels. Ces différences peuvent provenir de:

- l'origine des données: les données nécéssaires à un SIAD ne proviennent pas uniquement de la mémoire de l'organisation, en grande partie gérée par les systèmes transactionnels, mais peuvent venir de plusieurs très grands ensembles de données externes (banques de données externes).
- la nature des données: les données des bases de SIAD peuvent avoir des formes mal adaptées aux SGBD transactionnels, par exemples des series chronologiques, statistiques...
- la structuration des données: les possibilités en ce qui concerne soit la structuration, soit la manipulation de données des SGBD orientés transactionnels ne sont pas toujours suffisantes au SIAD.
- la manipulation des données: ces données extraites doivent être manipulées de façon très performante afin de permettre une bonne interactivité. De plus, le SIAD comme le décideur doivent pouvoir interragir de façon répétitive et créative sur ces ensembles, la manipulation des données doit permettre un certain nombre d'opérations de structuration. Notons que le modèle relationnel de CODD, avec son algèbre et calcul relationnels, s'avère mieux adapté que d'autres modèles (Réseau Codasyl, Hiérarchique).

Le système de modèles

Ce système de modèles est fondamental, c'est le cœur du SIAD. Au dela des services que peut apporter une bonne gestion des données, notamment la possibilité de poser des requête complexes et d'élaborer des rapports dans une grande variété de formats, l'aide à la décision nécessite des actions de modélisation, donc la production de modèles et leur intégration avec les données de la base. L'usage des modèles intervient principalement dans les phases d'intelligence et de conception définies par H.A.SIMON et peut être associé aux grandes activités cognitives comme la projection, la déduction, l'analyse, la création d'alternatives (suggestion), la comparaison d'alternatives, l'optimisation et la simulation. L'emploi de modèles pose cependant un certain nombre de problèmes relatifs à la création, la manipulation, l'intégration des modèles.

La *création de modèles* doit être flexible et doit s'appuyer sur un puissant langage de modélisation d'une part et d'autre part sur toute une batterie de blocs élements déjà construits qui pourront être assemblés pour l'élaboration de modèles. Le langage de modélisation doit permettre une formulation d'interrelations entre variables, de telle manière qu'elle permette la création de modèles de simulation ou de type "What if...". Les modèles peuvent être très complexes et sont alors difficiles à manipuler dans leur élaboration, mais aussi leur maintenance. Aussi est-il nécessaire que les modèles restent facilement compréhensibles par les gestionnaires. Ces derniers doivent connaître les hypothèses sous-

jacentes aux modèles, comprendre leur fonctionnement, sinon ils risquent de ne pas leur faire confiance et les rejeter. Ceci pose le problème de la documentation des modèles mais aussi celui de la trace, notament lors d'activités de déduction. C'est pour cela qu'il est souhaitable de privilégier de petits modèles, rangés dans des librairies, intervenant seulement dans une phase du cycle (intelligence, conception et choix), laissant au décideur le soin de l'intégration des étapes de modélisation comme dans un processus cognitif. Dans la pratique, l'interaction des décideurs dans la manipulation des modèles est très faible, et souvent limitée à la demande de données ou de paramètres nécessaires ou d'option d'exécution ou de formats de sortie proposés par le modèle.

L'intégration des modèles notament dans une perspective de modularité doit conduire à définir des formats communs d'entrée et de sortie permettant une bonne articulation entre modèles, soit successifs ou alternatifs. Un des problèmes liés à l'intégration de ces modèles réside dans le contrôle des données (de la base de données). Ce problème du contrôle est trop complexe pour qu'il soit assuré par le SIAD, aussi est-il souvent laissé à l'usager, c'est le cas dans la plupart des chiffriers électroniques.

Pour résoudre une bonne partie de ces problèmes de création, manipulation et intégration des modèles, de façon analogue aux données, il s'avère nécessaire de disposer d'un système de gestion de bases de modèles (SGBM). Un tel système doit permettre de:

- créer de nouveaux modèles rapidement et facilement par l'usager
- de proposer et de pouvoir assembler des blocs déjà élaborés
- de gérer un catalogue de blocs et de modèles de façon analogue à une base de données (création, génération, maintenance, requêtes, extraction..), avec une documentation précise (dictionnaire).
- permettre des restructurations faciles du modèle
- assurer les connexions des modèles aux données de la base

Il est certain que dans l'élaboration ou la gestion de modèles, on peut dès à présent tirer partie de l'intelligence artificielle, ainsi les règles de production peuvent jouer le rôle de modèles dans l'élaboration des fonctions de guide à la décision, mais aussi dans l'intégration des modèles, les réseaux sémantiques peuvent être aussi envisagés dans l'élaboration des modèles.

4.2 Limites des systèmes d'aide à la décision actuels

Le succès et l'impact des systèmes d'aide à la décision actuels sur le fonctionnement des organisations restent assez limités. Ceci nous semble s'expliquer par la puissance encore limitée des outils informatiques disponibles et notre compréhension encore réduite des processus décisionnels. Les systèmes d'aide à la décision actuels présentent en conséquence de nombreuses faiblesses. Nous allons tout d'abord essayer d'évaluer l'aide réelle qu'apportent ces systèmes et ensuite d'identifier quelques unes de leurs faiblesses.

4.2.1 Aide apportée par les systèmes d'aide à la décision actuels

Les principaux objectifs qui sont associés aux systèmes d'aide à la décision sont les suivants:

- supporter les décisions semi ou mal structurées au sens où le définit H.A.SIMON.
- supporter la prise de décision à tous les niveaux de l'organisation, définis par ANTHONY (contrôle opérationnel, contrôle managérial et planification stratégique),
- supporter toutes les phases du processus de décision et faciliter l'interaction entre ces phases (cycle de la décision de SIMON).

- supporter une variété de processus de prise de décision mais ne pas être dépendant d'un en particulier permettre un support indépendant du processus et sous le contrôle complet de l'usager.
- être facile à utiliser et pouvoir s'adapter à un changement d'usager, de tâche, ou d'environnement technique.

En fait, les systèmes d'aide à la décision actuels supportent les décideurs de façon nous semble-t-il plus modeste. Ce support est assuré de plusieures manières:

- automatisation d'un certain nombre de tâches de bureau que devait assurer le gestionnaire, lui permettant aussi de consacrer plus de temps à la formulation du problème.
- procurer un cadre structuré à des décisions par des modèles informatisés
- à l'intérieur d'un modèle, permettre au décideur, par interactions de le manipuler, ce qui peut lui permettre de mieux comprendre le problème auquel il fait face.

Ce support peut être mis en œuvre grâce aux fonctions suivantes de l'outil:

- extraction des données, préparation de rapports spécifiques (gestion des ressources)
- fournir des outils statistiques, d'interprétation graphique pour des analyses "ad hoc" de données (series chronologiques...)
- calculer les conséquences de variantes de décisions (simulation...)
- générer ou suggérer de meilleures décisions dans des domaines spécifiques grâce à des techniques de la recherche opérationnelle (optimisation de stocks...)

Ces fonctions ont prouvés leur utilité dans différents domaines tels que le marketing, la production, la finance... et aux différents niveaux décisionnels, opérationnel, contrôle managérial et planification stratégique, mais restent néanmoins très souvent insuffisantes pour procurer une aide idéale à la décision.

4.2.2 Faiblesses des systèmes d'aide à la décision actuels

Le support à la décision fourni par les systèmes d'aide à la décision actuels nous semble présenter de nombreuses faiblesses limitant de façon importante leur utilisation.

La première faiblesse, qui nous semble la plus importante, c'est leur *non-assistance à la formulation, ou structuration de problème* [M. LANDRY, D. PASCOT, D.BRIOLAT (1985), B.ESPINASSE, D.PASCOT (1986)]. Ils nécessitent dans la plupart des cas, que le décideur ait déjà une formulation adéquate du problème avant de les utiliser. Ceci conduit à ce que ces systèmes soient de peu d'assistance dans le rôle des gestionnaires qui n'est pas seulement celui d'un décideur [MINTZBERG (1973)], mais aussi et surtout celui d'un observateur [M.S.FELDMAN, J.G.MARCH (1981)]. Ainsi ils n'ont pas la capacité de faire converger leur système de dialogue avec l'usager vers un bon chemin que les interactions avec ce dernier pourraient leur suggérer.

La seconde faiblesse des SIAD tient au fait qu'ils sont *rarement capables d'expliquer* d'une manière naturelle pour le gestionnaire le processus qu'ils ont suivi pour proposer une solution. Ainsi, pour les modèles, il est rare que des mécanismes permettent d'expliquer leurs dérivations ou justifier leurs résultats (trace de résultats intermédiaires) à l'usager plus ou moins familier avec le modèle. Cet état de fait conduit souvent les usagers à rester septiques à la vue des rapports fournis par ces systèmes. Cette faiblesse nous semble tenir en grande partie à la nature analytique, au sens mathématique du mot, des processus de traitement de l'information mis en œuvre dans les SIAD. En effet tout traitement de ce type consiste à construire un modèle abstrait d'une situation concrète pour la traiter avec des opérations mathématiques, mais chacune des étapes de ce traitement n'est pas forcément interprétable par rapport à la réalité, seul le résultat l'est.

La troisième faiblesse des SIAD est *leur non-assistance dans la validation des données et des modèles* . Ainsi l'aide est souvent limitée au calcul et au formattage. Peu d'attention est apportée par le système à la validation de données, le contrôle d'hypothèses. Il est aussi très difficile de garantir que les données que nécessite le SIAD sont bien les mêmes que celles que produisent les diverses bases de données de l'organisation.

Une quatrième faiblesse est liée à la *divergence qu'il peut exister entre les décisions managériales et les procédures de solution* souvent empruntées à la recherche opérationnelle. En effet commme l'ont prouvé des études [MINTZBERG 76], les gestionnaires prennent des décisions rarement de façon délibérée, cohérente selon un processus continu. Au contraire, la journée d'un gestionnaire est caractérisées par sa fragmentation, sa variété et sa brièveté, avec en moyenne moins de cinq minutes passées sur une même activité. En fait, le rôle du manager est bien plus que celui d'un décideur, c'est avant tout celui d'observateur (scanner), de leader, de négociateur comme le montre très bien M.S.FELMAN et J.G.MARCH (81).

Enfin la dernière faiblesse que nous pouvons attribuer aux SIAD actuels est leur rigidité, qui réside en *leur incapacité à s'adapter au style cognitif du décideur et à la situation à laquelle il fait face* . Cette adaptativité ou flexibilité nécessaire des SIAD, a été évoquée par de nombreux auteurs, notament KEEN (81), SPRAGUE et CARLSON (82). En s'inspirant de ces auteurs, il est possible de distinguer quatre grands types de flexibilité ou d'adaptativité. Le premier type d'adaptativité, que l'on peut appeler adaptativité de style cognitif, consiste à ce que le SIAD fournisse au décideur les moyens de résoudre le problème auquel il fait face (problème pour lequel le SIAD est conçu) selon son mode personnel de résolution. Un second type d'adaptativité, que l'on pourrait appeler assimilatrice, reside en la possibilité de faire évoluer la configuration même du SIAD de façon à ce qu'il puisse être utilisé dans la résolution d'autres problèmes similaires ou de nature légèrement différente. La troisième adaptativité est liée à la possibilité d'une redéfinition complète du SIAD face à des changements profonds de types de problème ou de modes de résolution, on pourrait parler d'adaptativité accomodatrice. Le dernier type d'adaptativité d'un SIAD reside en sa capacité à pouvoir adopter de nouveaux moyens, outils ou techniques de modélisation et de résolution, adaptativité de moyens.

On peut aussi aborder cette adaptativité des SIAD selon la définition de système adaptatif de H.A.SIMON: un système adaptatif est un système qui peut s'adapter à des changements de différents types sous trois horizons temporels. D'abord à court terme, le SIAD doit permettre au décideur de chercher, d'explorer et d'expérimenter le champs étroit d'un problème (flexibilité du SIAD spécifique...). Ensuite à moyen terme: des changements apparaissant dans le problème, le comportement du décideur, l'environnement, le système doit apprendre pour s'accomoder à ces changements en modifiant ses capacités et activités (le champs du domaine change). (reconfiguration du générateur de SIAD...). Enfin à long terme: à plus longue échéance, les capacités du système évoluent pour accomoder plus de styles comportemental et de capacités. Il y a modification des outils déjà disponibles et développement de nouveaux (amélioration du générateur de SIAD).

4.3 Apport de l'intelligence artificielle aux SIAD

Comme nous l'avons déjà dit, les limites des SIAD actuels nous semblent liées d'une part à la puissance encore limitée de certains outils informatiques disponibles et à notre compréhension encore réduite des processus décisionnels. Des améliorations importantes sont à attendre de la mise en oeuvre dans les SIAD d'outils et de techniques relevant de l'intelligence artificielle [R.H.BONCZEK, C.W.HOLSAPPLE et A.B.WHINSTON (1981)]. Mais la mise en oeuvre de l'intelligence artificielle dans la conception de tels systèmes nous semble requérir un nouveau cadre conceptuel.

4.3.1 Un cadre conceptuel basé sur le traitement des connaissances

La littérature sur les systèmes d'aide à la décision a longtemps postulé que le SIAD idéal devait prendre un rôle actif afin de guider le décideur vers la solution du problème. Cependant, le cadre

théorique de la prise de décision nous semble avoir interprété celle-ci d'une façon fort limitative et a conduit à oublier le fait fondamental qu'elle se situe nécessairement dans un contexte d'identification, de formulation et de résolution de problème et non seulement de résolution. Ce contexte d'identification et de formulation de problème doit à notre avis être étudié en tant que processus cognitif d'acquisition et d'organisation de connaissances. En effet un SIAD doit pouvoir se faire une compréhension d'une part, de ce qui pose problème au décideur, et d'autre part de l'environnement du décideur. Pour ce faire, un SIAD doit posséder une certaine somme de connaissances.

La connaissance sur une situation managériale particulière n'est dans les SIAD actuels qu'implicite. Ce qui les rend trop rigides et incapables d'étendre la compréhension du problème, leur vue du monde qu'ils incorporent est bien trop étroite. Ainsi, à moins que la situation soit parfaitement assortie à une branche d'un diagramme de décision prédéfini, ces SIAD ne sont d'aucune aide. Il faut rendre cette connaissance explicite si nous voulons que les systèmes d'aide à la décision puissent intervenir dans la structuration, la compréhension du problème. Enfin les capacités d'adaptation du SAD, telles que définies précédement, ne peuvent être envisagées sans la présence de connaissances de base propres au système lui même, et concernant notament le type de problème traité ou les styles cognitifs des décideurs.

Dans la perspective de faire évoluer ces systèmes afin de leur permettre de remplir pleinement le rôle qu'on leur avait attribué (aider le ou les décideurs tout au long du processus décisionnel), nous pouvons faire deux constatations [ESPINASSE, PASCOT (1986)]:

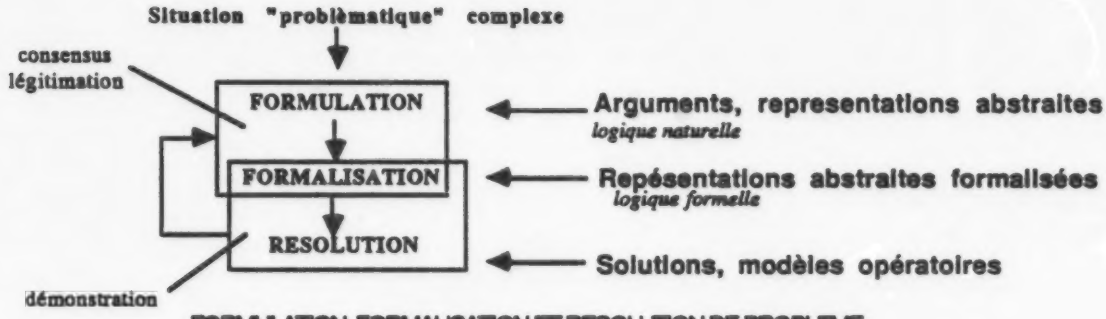
- le cadre conceptuel disponible nous semble avoir interprété les processus décisionnels d'une façon fort limitative et a conduit à oublier le fait fondamental qu'ils se situaient nécessairement dans un contexte d'identification, de formulation et de résolution de problème et non seulement de résolution.

- ce n'est qu'en prenant en compte la notion de connaissance qu'il nous semble possible de combler un certain nombre de faiblesses que nous avons précédement soulignées et de faire évoluer les systèmes d'aide à la décision actuels

Ces deux constatations nous conduisent à envisager un nouveau cadre conceptuel pour les systèmes d'aide à la décision. Le cadre conceptuel, que nous proposons ici, repose sur une réflexion épistémologique sur la notion de problème [M.LANDRY (1985)], il porte sur l'identification, la formulation et la résolution de problème, en tant que *processus cognitif d'acquisition et d'organisation de connaissances* . Ceci nous conduit à considérer de façon plus explicite les connaissances pouvant intervenir dans ce processus cognitif.

Formulation, formalisation et résolution de problèmes

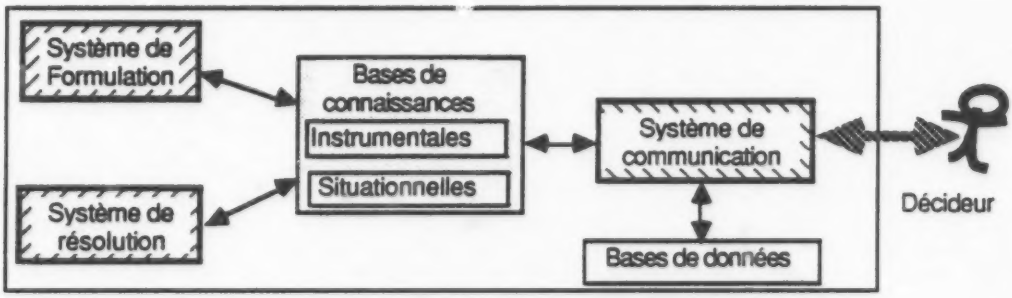
Il n'y a pas de résolution de problème quelque peu complexe sans structuration préalable. La structuration d'un problème consiste à réaliser une certaine fermerture dans sa formulation, conduisant à définir le champ du problème. Dans les problèmes organisationnels complexes la formulation se fait au niveau de l'argumentation. Cette argumentation conduit les différents acteurs impliqués à développer de façon progressive des arguments et à se construire des représentations abstraites qui leurs sont personnelles. La fermeture de cette formulation, qui conduit à une structuration du problème, est principalement obtenue par consensus de ces mêmes acteurs sur une représentation abstraite commune pouvant donner lieu à légitimation et pouvant être décrite selon une forme de logique dite logique naturelle [J.B.GRIZE (1982)].



FORMULATION, FORMALISATION ET RESOLUTION DE PROBLEME

Cette fermeture de la formulation réalisée, une phase suivante consiste en la formalisation de cette représentation abstraite pour construire un modèle opératoire qui servira pour la résolution du problème. Cette formalisation s'appuit principalement sur la logique formelle. La phase de résolution consiste la plupart du temps à une démonstration des arguments retenus lors de la fermeture de la phase de formulation.

Ce cadre conceptuel brièvement présenté nous conduit à proposer une nouvelle architecture pour la conception de SIAD mettant en évidence trois fonctions principales: les fonctions de communication, de formulation/formalisation et de résolution auxquelles on peut associer des sous-systèmes manipulant des connaissances spécifiques [ESPINASSE, PASCOT (1986)]:



ARCHITECTURE FONCTIONNELLE DES SIAD ORIENTES CONNAISSANCES

Ces connaissances se distinguent tout d'abord en connaissances instrumentales ou situationnelles.

Les *connaissances instrumentales* sont rattachées à l'usage de l'outil, elles interviennent au niveau des trois fonctions. Par exemple au niveau du système de communication, elles permettent d'assurer un dialogue avec le décideur (langage "naturel") et avec des bases de données (langages de requête). Au niveau du système de résolution, elles impliquent des techniques et méthodes de résolution (statistiques par exemple). Au niveau formulation, elles permettent la définition d'un langage de représentation. Enfin, de telles connaissances assurent les interactions entre les trois différents systèmes de traitement de connaissances.

Les *connaissances situationnelles* sont liées aux situations problématiques tant d'un point de vue représentation (formulation/formalisation) que solution (résolution). Ces connaissances situationnelles qui interviennent elles aussi dans les trois sous-systèmes peuvent relever du savoir ou du savoir-faire du gestionnaire ou de l'organisation. Le savoir est constitué des connaissances que le décideur peut

acquérir sur une situation qui lui pose problème mais aussi la connaissance qui lui a été transmise par des livres, des procédures et normes organisationnelles traitant les domaines que touchent le problème; le savoir-faire est constitué des connaissances acquises par la pratique, ces connaissances peuvent être par exemple les modalités d'utilisation du savoir précédent selon un contexte particulier de situation problématique.

Les connaissances situationnelles peuvent être plus ou moins profondes. Les connaissances profondes seront par exemple des connaissances relatives à des domaines spécifiques impliqués par la situation problématique, soit permettant de décrire la nature (les particularités intrinsèques) des objets composant la situation soit permettant d'interpréter ou d'anticiper les comportements de ces mêmes objets (par exemple les lois qui les gouvernent,...). Ces connaissances peuvent être liées à l'acquis scientifique et technique dans un ou plusieurs domaines particulier. Les connaissances superficielles sont celles que l'on développe au contact du problème, par expérience, lors de la résolution d'une grande quantité de cas semblables. Ces connaissances peuvent être associées à de nouvelles abstractions, associations entre éléments descriptifs de la situation problématique et éléments de formulation et solutions de résolution. Ces connaissances peuvent être plus ou moins floues, et plus ou moins subjectives.

4.3.2 Système de formulation et formalisation du problème

Il a principalement pour objectif la construction d'une représentation abstraite de la situation problématique. Il permet de réaliser la phase d'intelligence du processus de décision. A partir de la délimitation et de l'observation de la situation problématique, le décideur diagnostique des différences entre la situation existante et la situation désirée et définit une volonté d'intervention. Cette activité cognitive donne lieu à un certain nombre d'actions sur la représentation du problème, conduisant à la stabiliser: c'est l'équilibration de la représentation abstraite au sens de J.PIAGET (une perspective piagétienne de l'aide à la décision est aussi présentée par J.C.COURBON (82-84)). Cette dernière se fait selon deux mécanismes d'adaptation: l'*assimilation* où l'observation de la situation problématique conduit à un renforcement de la représentation d'une part, et d'autre part l'*accommodation* où l'observation amène à une modification plus ou moins profonde de la représentation.

La formulation du problème peut être définie comme un processus d'acquisition et d'organisation de connaissances sur une situation donnée sur laquelle le décideur a projeté d'intervenir: le SIAD doit permettre d'élaborer cette représentation abstraite de la situation problématique. Il doit disposer d'un langage permettant de construire et organiser de nouvelles connaissances sur le problème, mais aussi des connaissances sur le comportement du décideur, par exemple pour exprimer les rationalités objectives et subjectives propres au décideur ou fixées par l'organisation. Ces connaissances doivent, pour être opératoires,être formalisées c'est la formalisation des représentation abstraites. Pour cela les SIAD peuvent s'appuyer sur des connaissances propre à un domaine de décision particulier, celles-ci ce composent d'un large ensemble de faits et de règles que le décideur n'a ni le temps, ni le goût, ni l'opportunité de mémoriser dans sa propre mémoire. On peut distinguer différentes connaissances:

- *des définition d'objets* : permettant de définir un certain nombre de notions et de concepts liés au domaine abordé. C'est par exemple la définition de variables, leurs significations;

-*relations entre objets* : cela peut être une formule entre plusieurs variables (par exemple coût totaux = coût fixes + coûts variables);

- *des règles* ; permettant par exemple, de définir des rationnalités individuelles (préférences) ou organisationnelles (normes);

- *des méthodes* : par exemple une méthode d'agrégation (coûts variables de l'atelier=Somme des coûts variables des unités pour tous les programmes de production);

- *des buts* : par exemple, les coûts fixes de l'entreprise doivent être réduits de 10% par an.

Le système d'identification et de formulation de problèmes doit pouvoir aussi générer de nouvelles connaissances à partir de données contenues dans des bases de données liées à l'organisation, par exemple en effectuant des classifications, en relevant des différences, en établissant ou en remettant en cause de façon probabiliste des relations de cause à effet. Pour réaliser ces opérations le système de formulation doit disposer de connaissances, principalement de nature instrumentale, permettant par exemple, de connaître la structure interne des bases de données à accéder et de dialoguer avec un système de gestion de base de données.

4.3.3 Système de résolution de problème

La résolution de problème consiste en l'élaboration, à partir de représentations abstraites formalisées, des modèles opératoires permettant la résolution du problème: la représentation stabilisée du problème obtenue dans la phase précédente n'est pas opérationnelle, pour cela il faut la transformer en modèles utilisables permettant la résolution du problème, c'est-à-dire d'envisager et de générer des solutions possibles (phase de conception du processus de décision).

Le système de résolution doit disposer de connaissances résolutoires ou modèles opératoires. Un mécanisme d'interfaçage doit exister entre les connaissances de nature résolutoire et les connaissances exprimées dans le système de formulation liées à l'expression du problème, cet interfaçage sera assuré par de la connaissance instrumentale propre au SIAD. Une grande partie des connaissances résolutoires peuvent s'exprimer de façon déclarative, par exemple sous la forme de règles de production. Adopter une représentation déclarative apporte de nombreux avantages, soit par exemple la relation:

coûts totaux = coûts fixes + coûts variables,

une représentation déclarative de cette relation, plutôt que procédurale par une instruction d'un sous-programme ou procédure, permet d'autres utilisations que celle pour laquelle elle a été formulée (le calcul des coûts totaux à partir de coûts fixes et variables), et servir par exemple à:

- *un raisonnement algébrique* : soit coût total = x, et coût fixe = y, alors coût variable =x-y
- *une explication* : pourquoi les coûts totaux sont-ils plus élevés que l'an dernier? => parce que les coûts en matières premières sont plus élevés.
- *une justification de résultat* : comment sont obtenus les coûts totaux? => à partir des coûts fixes,x, et des coûts variables,y.

4.3.4 Système de communication

Pour pouvoir intervenir dans les phases de résolution et surtout d'identification et de formulation de problème telles que nous les avons définies plus haut, le SIAD doit posséder un système de communication très performant. Une réelle interactivité est indispensable, il faut disposer d'une interface intelligente. Le chauffeur avait entre autre un rôle d'analyste traduisant les questions du gestionnaire dans un langage propre au système; l'interface devrait être capable d'accepter des questions et formulations qu'un gestionnaire poserait à un chauffeur. Pour cela le système de communication doit posséder des connaissances lui permettant de comprendre le langage dans lequel s'exprimera le décideur. Il doit aussi disposer de certaines connaissances liées au contexte dans lequel ce dialogue se fera, concernant donc le type de problème traité.

Les capacités d'adaptation du SIAD, telles que définies précédement, ne peuvent être envisagées sans la présence de connaissances de base propres au système lui-même, et concernant notamment le type de problème traité ou les spécificités du décideur. Le système de communication doit par exemple pouvoir construire de nouvelles connaissances liées aux caractéristiques cognitives du décideur, pouvoir se faire une idée de son niveau d'apprentissage du système, de ses préférences en matière de formats de présentation des résultats.

Le système de communication doit aussi prendre en charge l'interaction entre le SIAD et son environnement technique, par exemple assurer le dialogue avec des systèmes de gestion de bases de données de l'organisation, communiquer à travers des réseaux de communication. Toutes ces possibilitées nécessitent que le système de communication dispose de connaissances propres de nature instrumentale.

5. Conclusion

Un des grands apports de l'intelligence artificielle dans les sciences informatiques est le passage d'un niveau d'intérêt situé à la donnée numérique ou alphanumérique à un niveau d'intérêt plus symbolique: la connaissance, sa représentation et de sa manipulation. Aussi le principal apport de l'intelligence artificielle au domaine des systèmes d'information nous semble être la considération nouvelle du concept de connaissance dans les systèmes d'information et dans l'organisation même.

Dans la gestion et l'exploitation des données organisationnelles l'intelligence artificielle permettra d'incorporer de plus en plus d'intelligence dans les systèmes de gestion de bases de données ce qui reduira considérablement les coûts de développement et de maintenance des systèmes d'information, elle permettra ensuite d'améliorer considérablement toutes les interfaces entre les usagers et ces systèmes.

En ce qui concerne l'aide à la décision, les SIAD actuels n'incorporent de la connaissance que de façon implicite, soit au niveau des données soit au niveau des modèles, ce qui les rend trop rigides et incapables d'intervenir dans des phases d'identification et de formulation de problème et de s'adapter au décideur comme au problème. Les systèmes à bases de connaissances ouvrent de nouvelles voies de développement prometteuses aux concepteurs de SIAD. Cependant une reflexion, que nous avons ici à peine esquissée, sur la nature et le traitement des connaissances intervenant dans les processus décisionnels nous semble nécessaire.

Toutes ces perspectives rendent de plus en plus d'actualité le concept de système d'information intelligent qu'avait introduit dès 1968 Z.S.ZANNETOS. Une réflexion profonde sur le rôle de tels systèmes dans l'organisation ne manquera pas bientôt de s'imposer.

Bibliographie

R.H. BONCZEK, C.W. HOLSAPPLE, A.B.WHINSTON, "Foundation of Decision Support Systems", Academic Press, 1981.

J.C. COURBON, "Transparency of Data Information and Models in Decision Support Systems", IFORS, Washington, august 1984.

J.C. COURBON, "Processus de décision et aide à la décision", Economies et Sociétés , Séries Sciences de gestion, nº3, tome XVI, nº12, décembre 1982.

B.ESPINASSE, "Autonomie et Intelligence Organisationnelle; Elements théoriques et applications à la conception des systèmes d'information intelligents", Thèse de Doctorat, GRASCE/CNRS, Université Aix-Marseille III, juillet 1981.

B.ESPINASSE, R.MANTHA, "Bases de données relationnelles et connaissances", in "Bases de données relationnelles: mythes et réalités; Actes du colloque ", Paris 14 et 15 mai 1986, Eyrolles éditeur 1986.

B.ESPINASSE, D.PASCOT, "Systèmes interactifs d'aide à la décision: une démarche orientée connaissances", communication présentée à la première conférence en Economie et Intelligence Artificielle, Aix-en-Provence 6,7,8 septembre 1986, Actes du colloque à paraitre.

M.S.FELDMAN et J.G.MARCH, "Information in Organisations as Signal and Symbol", Administrative Science Quarterly, nº26,1981,pp.171-186.

G.A. GORRY, M.S.SCOTT MORTON, "A Framework for Management Information Systems", Sloan Management Review , vol.13, nº1, pp.55-70, Fall 1971.

J.B.GRIZE, "De la logique à l'argumentation", DROZ Genève, 1982.

N.HOPPEN, J.TRAHAND, "Les générateurs de systèmes d'aide à la décision pour la planification budgétaire et financière", document de travail, I.A.E./Université de Grenoble.II, (France), novembre 1984.

M.JARKE, J.CLIFFORD, Y.VASSILIOU, "An Optimizing Prolog Front-End Query System", C.R.I.S. #65, 1984, New York University.

P.G.W. KEEN, M.S.SCOTT MORTON, "Decision Support Systems: An Organizational Perspective", Addison-Wesley, 1978.

P.G.W. KEEN, "Adaptative Design for DSS", Database , vol.12, nº1-2, Fall 1980.

J.L.Mc KENNEY, P.G.W. KEEN, "How Manager's Minds Work", Harvard Business Review, May-June 1984.

M. LANDRY, "Qu'est-ce qu'un problème?", INFOR , vol.21, nº1, fevrier 1983.

M. LANDRY, "A la recherche d'une meilleure compréhension de la nature des problèmes organisationnels", Actes du colloque "Perspectives de recherche pour le praticien" (Universté du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Nov 1985)

M. LANDRY, D. PASCOT, D. BRIOLAT, "Can DSS Evolve without Changing Our View of the Concept of Problem", North Holland, Decision Support Systems 1 , 1985, pp.25-36.

C.LEVESQUE, "Un système expert en paye et gestion du personnel", thèse de doctorat, Université Paris VI, 1984.

H. MINTZBERG, "The Nature of Managerial Work" , Harper & Row, 1973.

H. MINTZBERG, D.RAISINGHANI, A.THEORET, "The Structure of 'Unstructured' Decision Processes", Administrative Science Quarterly 21, (june 1976), pp.246-275.

R. REITER, "Towards a logical reconstruction of Relational Database Theory", in "On conceptual modeling", Springer-Verlag, 1984.

R.H. SPRAGUE, E.D. CARLSON, "Building Effective Decision Support Systems", Prentice-Hall Inc., 1982.

M.STONEBRAKER, "Adding Semantic Knowledge to a Relational Database System", in "On Conceptual Modeling", Springer-Verlag, 1984.

H.TARDIEU, H.HECKENROTH, B.ESPINASSE, "Modèles et outils pour la représentation de la cinématique dans un système d'information", Rapport de recherche INRIA nº310, janvier 1981.

H.TARDIEU, A.ROCHFELD, R.COLLETTI, "La méthode MERISE", Édition d'Organisation, 1983.

VAN GRIETHUYSEN, 1982, "Concepts and Terminology for The Conceptual Schema and the Information Base", ISO TC 97/SC5/WG3, mars 1982.

Y.VASSILIOU, J.CLIFFORD, M.JARKE, "Access to specific declarative knowledge by expert systems: the impact of the logic programming", C.R.I.S., New York University, 1984.

G.WIEDERHOLD, "Knowledge and Database Management", IEEE Software, January 1984.

Z.S.ZANNETOS, "Towards Intelligent Management Information Systems", Massachusetts Institute of Technology, Cambridge I.M.R., Spring 1968, vol.9, n°3.

Systèmes experts et systèmes d'information existants

François Labrousse, vice-président
Recherche et développement, systèmes d'information
Conseillers en gestion et informatique CGI Inc.

Je veux d'abord remercier les organisateurs de cet atelier de travail, le CCRIT et l'ARCQ, pour leur initiative qui permet de confronter aujourd'hui des opinions diverses sur l'intelligence artificielle.

Le point de vue que je vais adopter va être celui d'une firme privée de consultation. Ce sera un point de vue pratique sur les relations que l'on peut percevoir entre les systèmes experts et les systèmes d'information que l'on appellera conventionnels.

Malgré leurs différences, la distinction entre ces deux catégories n'est pas toujours facile à établir et, comme on le faisait remarquer tout à l'heure, ce n'est pas parce que l'on parle maintenant de système expert que les systèmes conventionnels sont complètement stupides, quoique puissent en penser leurs utilisateurs!

Le premier point abordé sera celui de la position des systèmes experts par rapport aux systèmes existants; ensuite, on regardera de plus près les rapports qui peuvent exister entre la bureautique et l'intelligence artificielle. Enfin on parlera de l'impact des systèmes experts sur les systèmes d'information et les équipements, ainsi que sur l'organisation de l'informatique et le travail de l'informaticien.

1- POSITION DES SYSTÈMES EXPERTS PAR RAPPORT AUX SYSTÈMES EXISTANTS

Parmi les systèmes existants, on parlera surtout de systèmes administratifs ou de gestion qui sont les plus fréquents, bien que ceux qui travaillent dans les domaines de la recherche rencontrent surtout des systèmes à caractère scientifique qui n'ont pas les mêmes structures ni, bien sûr, les mêmes finalités.

Par rapport aux systèmes d'information existants, les systèmes experts peuvent se placer en position d'extension ou de complément. Les systèmes experts actuels portent sur des problèmes précis auxquels ils cherchent à apporter des solutions spécifiques. Ils ont souvent été développés dans un contexte expérimental et sont rarement rattachés aux systèmes opérationnels d'un organisme. Par exemple, les systèmes de diagnostic médical ou de prospection minière ne sont pas reliés aux systèmes de gestion des institutions hospitalières ou des sociétés minières.

Or les systèmes experts vont être utilisés dans des contextes où existent déjà des systèmes d'information éventuellement considérables. Il est important de savoir comment ils vont coexister et, mieux, être reliés les uns aux autres.

Ces liens entre les systèmes experts et les systèmes d'information peuvent être vus sous l'angle fonctionnel ou sous l'angle technique (organique).

Extension ou complémentarité fonctionnelle

Trois types d'application semblent se détacher, bien que des cas concrets puissent être associés à plus d'un de ces types.

a) Systèmes d'accès

Dans la foulée de la décentralisation du traitement de l'information, et par ailleurs, des travaux sur l'interprétation des langages naturels, des interfaces de dialogue plus ou moins intelligentes sont développées. Cette tendance devrait s'accélérer, la facilité d'interrogation des systèmes par des non-informaticiens incitant leur utilisation croissante, et renforçant ainsi la mise au point de systèmes de plus en plus "amicaux".

b) Traitement de cas ou de dossiers

A ce type d'application peuvent être assimilés la plupart des systèmes experts: dans un contexte bien défini, il s'agit de faire l'analyse d'une situation ou d'un "cas" pour le classer et décider d'une action appropriée. Actuellement de tels systèmes sont généralement autonomes (indépendants d'autres systèmes) et spécialisés pour traiter des problèmes d'une catégorie particulière. Mais les systèmes administratifs conventionnels sont très souvent développés eux aussi pour le traitement de cas ou de dossiers (ex: traitement d'une réclamation d'assurances, d'une déclaration de revenus pour l'impôt...). L'intérêt d'une approche de système expert est alors de supporter des traitements de dossiers qui autrement devraient être effectués manuellement. Les liens entre les systèmes conventionnels et des "composantes expertes" sont actuellement peu développés et méritent sans aucun doute d'être étudiés.

c) Bases de données intelligentes ou déductives

Une catégorie d'applications des systèmes experts, qui participe un peu des deux précédentes, correspond aux systèmes favorisant l'interrogation des bases de données. Plus que le traitement de la requête, c'est ici son identification que l'on aborde ("database assistant"), ainsi que la réponse sélective ("report delivery vehicle") que le système doit y apporter.

Liens organiques et techniques

La constatation principale que l'on peut faire est qu'actuellement les liens "organiques" entre systèmes informatiques et systèmes experts sont très limités. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette distance, et le fait que l'intelligence artificielle, dans le passé, soit demeurée éloignée de l'informatique de gestion n'y est certainement pas étranger.

La structure et les fondements des deux genres de systèmes sont assez différents (procédural - déclaratif); l'approche de traitement, et les notions mises en oeuvre par les systèmes experts ne sont pas toujours familières aux "informaticiens de gestion". On peut supposer que l'extension progressive de l'enseignement relatif à l'IA et aux systèmes experts va changer cet état de chose.

Les différences du point de vue des machines et des langages existent mais ne doivent être exagérées. L'utilisation de LISP et de PROLOG devient de plus en plus fréquente, mais de nombreux systèmes experts sont écrits avec des langages conventionnels, et fonctionnent sur des ordinateurs standards.

Les machines spécialisées comme les machines LISP vont devoir concurrencer des supermicros et des minis aux performances croissantes. Quant aux coquilles ("shells"), le marché en est à ses débuts et devrait connaître une évolution importante dans les prochaines années.

Il faut aussi certainement considérer que les systèmes experts viennent tout juste d'arriver dans le marché commercial des applications opérationnelles, même si leur histoire est aussi vieille que celle des systèmes de gestion et si les premiers prototypes d'envergure ont une bonne dizaine d'années. Ce qui paraît le plus vraisemblable, c'est qu'après une période d'évolution en parallèle, leur interaction va être de plus en plus importante.

2- LA BUREAUTIQUE ET L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Sans chercher à délimiter précisément les domaines mal définis de la bureautique et de l'intelligence artificielle, il est intéressant de regarder où s'appliquent, dans les fonctions bureautiques, les techniques et les outils de l'intelligence artificielle.

Les principaux volets de l'intelligence artificielle...

Les outils de l'intelligence artificielle peuvent être utilisés pour améliorer le dialogue entre l'utilisateur et les systèmes bureautiques, ou bien pour aider à la résolution des problèmes de cet utilisateur.

Le domaine de la compréhension des langues naturelles trouve ainsi plusieurs applications potentielles. L'interaction entre le personnel du bureau et les postes de travail, ou l'aide à la correction des textes en sont des exemples.

A côté des messages écrits, les messages vocaux constituent un autre champ d'application de l'intelligence artificielle. La génération de la voix est relativement bien maitrisée; il y a par contre encore beaucoup à faire pour la reconnaissance de la voix. On peut supposer que le "rêve" de la machine à dicter est encore assez loin de la réalité, mais que des applications partielles, spécialisées, pourront se multiplier progressivement.

Un autre volet de l'intelligence artificielle qui peut se développer sensiblement avec la bureautique, est bien sûr celui des systèmes experts, que l'on peut s'attendre à voir émerger surtout comme support à la prise de décision.

...pour plusieurs fonctions bureautiques

La plupart des grandes fonctions bureautiques laissent place à des développements d'intelligence artificielle. Certains paraissent proches, et sont même déjà sur le marché; d'autres en sont encore au niveau du prototype ou même de l'étude.

Pour la création de documents, la "compréhension" des langues naturelles permet d'offrir un support dont la puissance varie beaucoup avec le niveau d'intervention que l'on choisit: correction orthographique et syntaxique, correction de style, résumé de textes, création de textes...

Dans les fonctions de communication, les interfaces avec les systèmes (ex. "bottin intelligent") pourraient intégrer plusieurs volets de l'IA. Citons aussi l'application aux communications d'un système d'alerte conditionnelle: suivant l'occurrence de tel ou tel événement (ex. réception d'un message sur un sujet donné) le système déclenche une action, par exemple envoie un message particulier.

Le classement et le repérage des informations est aussi propice à des développements à base d'intelligence artificielle. Le repérage et l'extraction d'information à partir de bases de données orientent actuellement de nombreux travaux sur les bases de données déductives. Les processus de classification de références dans des bases documentaires, ainsi que l'interrogation de ces bases pourraient être supportés par un "thésaurus intelligent".

La fonction faisant le plus l'objet de nouveaux produits reliés à l'intelligence artificielle, est celle de l'aide à la décision à laquelle sont consacrés de nombreux logiciels du type "coquille". Certains considèrent cependant que l'on parle abusivement d'intelligence artificielle à leur propos. Il est intéressant de noter qu'après une vague de systèmes de ce type à vocation universelle, on voit maintenant apparaître des systèmes experts dédiés, qui visent à répondre à des besoins semblables d'un groupe ou d'une catégorie de personnes.

On relève aussi des tendances qui ne correspondent pas spécifiquement à une fonction bureautique, par exemple l'adaptation d'un système aux habitudes d'un usager.

Le domaine de la bureautique, qui regroupe des fonctions destinées à des non-spécialistes, n'a pas encore reçu beaucoup de retombées des travaux en intelligence artificielle. Le champ disponible paraît cependant assez vaste et devrait être occupé progressivement, au fur et à mesure que la rentabilité en sera plus évidente.

3- LES SYSTÈMES EXPERTS ET L'INFORMATIQUE

A plusieurs points de vue, le développement de l'intelligence artificielle, va avoir un impact important dans le domaine de l'informatique, tant sur les équipements et les logiciels, que sur les méthodes de travail et même la tâche des informaticiens.

Impact sur les systèmes

Parmi les applications de l'intelligence artificielle, ce sont peut-être les systèmes experts qui auront l'impact le plus important sur les systèmes informatiques des organismes.

Une interrogation revient fréquemment chez les informaticiens qui entendent parler des systèmes experts: "quelle différence ont-ils avec les systèmes d'information?". La différence importante se situe à mon avis au niveau de la conception même du traitement de l'information. L'information traitée n'est pas la même (au moins en partie), elle est représentée différemment, et le principe du traitement est lui aussi différent.

L'architecture des systèmes experts est ainsi sensiblement différente de celles des systèmes conventionnels. Elle est caractérisée, bien que ce ne soit pas exclusif aux systèmes experts, par une distinction nette entre les données et le traitement.

Plus que les langages de programmation ou les logiciels de base, ce sont surtout ces différences relatives à la nature et la représentation des informations manipulées, ainsi, bien sûr, qu'à la logique des traitements qui changent les modes de développement. La construction des systèmes d'information actuels fait depuis longtemps l'objet d'études et, bien qu'encore imparfaites, les méthodes enployées fournissent un cadre reconnu. Il n'existe à peu près rien de tel pour les systèmes experts, et ceci constituera certainement un point critique pour leur développement futur.

Impacts sur les équipements de support

Les programmes d'intelligence artificielle ont généralement exigé des capacités importantes de la part des équipements informatiques. Les logiciels de systèmes experts ayant une certaine puissance exigent également des capacités que l'on commence à retrouver dans les modèles récents de micro-ordinateur. Cette croissance de la capacité favorise aussi des interfaces plus développées: on a vu l'importance prise de plus en plus par la présentation graphique des informations.

Le traitement des informations vocales est encore trop exigeant pour pouvoir être accessible dans des conditions de rapidité et de coût qui permettraient sa généralisation.

Le projet japonais d'ordinateur de 5e génération a largement publicisé les caractéristiques probables des ordinateurs futurs; de nouvelles techniques comme le traitement parallèle ouvrent la voie à des changements dans le traitement de l'information au moins aussi marquants que ceux qu'entraine actuellement la micro-informatique.

Si l'on peut suivre assez bien l'évolution quantitative de la technologie, on mesure mal à l'avance les sauts qualitatifs qu'elle entraîne. Nous vivons un tel saut, dont l'une des conséquences sera certainement de nouveaux types de systèmes d'information dont les systèmes experts donnent une idée.

Utilisation des SE dans le secteur de l'informatique

Le domaine de l'informatique (développement des systèmes de gestion des opérations) est lui-même un lieu d'application intéressant des approches, des méthodes, et des outils de l'intelligence artificielle.

Plusieurs projets de systèmes experts s'appliquent à ce domaine. Le développement des systèmes, qui est rendu de plus en plus complexe par la taille qu'atteignent ces derniers, incite à mettre au point des outils de support touchant plusieurs des phases de développement, depuis la planification et la gestion du projet jusqu'au choix des équipements. La gestion des opérations, à la fois complexe et névralgique,se prête aussi à l'utilisation de systèmes experts.

Rappelons que la fabrication de certains équipements, comme les circuits, est depuis déjà plusieurs années l'objet de systèmes utilisant les techniques de l'intelligence artificielle. Par ailleurs, la configuration des ordinateurs a donné lieu à un "classique" des systèmes experts.

Impact des systèmes experts sur l'organisation de l'informatique

Peut-être parce qu'il est encore trop marginal pour être évident, l'impact des systèmes experts n'est pas souvent cité et analysé. Pourtant il risque d'être assez important. Le développement des systèmes experts demande de nouvelles compétences que l'on ne retrouve pas encore dans les organisations. Éventuellement de nouveaux outils (langages, logiciels ou équipements) demanderont une expertise spécialisée.

Le développement des systèmes experts est fondé sur le prototypage et sur une interaction importante avec l'expert et l'usager, ce qui va entraîner une organisation sensiblement différente des équipes de développement. L'implication de l'expert est souvent signalée comme un élément important de la construction d'un système expert. L'extraction des connaissances représente une étape nouvelle, ou du moins beaucoup plus importante, dans le développement de systèmes.

Actuellement, c'est surtout par le besoin d'une expertise nouvelle que se traduisent les premiers essais de développement et d'utilisation de systèmes experts dans les organismes. Les effets prévisibles sur l'organisation se feront sentir lorsque la place des systèmes experts par rapport aux systèmes conventionnels deviendra significative.

J'ai évoqué les liens et des différences entre les systèmes d'information actuels et les systèmes-experts , ainsi que l'impact de ces derniers sur le secteur de l'informatique. Je voudrais conclure en soulignant que la perception de l'ordinateur et des systèmes par les usagers va être sensiblement modifiée par les applications de l'intelligence artificielle et des systèmes-experts. On sait, par l'expérience des quinze à vingt dernières années, l'importance à accorder aux besoins et aux réactions des utilisateurs. Le développement de la bureautique et de la micro-informatique nous a répété le message avec plus d'insistance. Rendant l'ordinateur encore plus familier, l'évolution à laquelle on assiste va changer les rapports avec les outils, mais aussi avec les informaticiens. Les "gestionnaires de l'information" devront être attentifs à ces changements.

BILAN ET PERSPECTIVES DE LA TRADUCTION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR

Pierre Isabelle

Centre canadien de recherche
sur l'informatisation du travail
1575, boulevard Chomedey
Laval (Québec) H7V 2X2

Le présent exposé a pour objectif de présenter le programme de recherche et développement du CCRIT en traduction assistée par ordinateur, en situant ce programme dans la perspective de notre appréciation de l'état actuel des travaux en matière d'automatisation de la traduction.

Le problème de l'automatisation de la traduction

Dès l'avènement des ordinateurs numériques, dans les années cinquante, il se trouva beaucoup de gens pour croire à l'apparition imminente de la machine à traduire universelle. Pourtant, un examen sommaire de la situation actuelle met en évidence le fait que trente années d'efforts ont produit bien peu de résultats. La plupart des traducteurs d'aujourd'hui travaillent toujours avec des méthodes très similaires de celles d'il y a cent ans.

Au fil des années, l'optimisme initial envers la traduction automatique a fait place à une grande méfiance sinon au pessimisme le plus absolu dans les milieux informés. On s'est rendu compte que la traduction entre langues naturelles ne pouvait en aucun cas être assimilée à un processus primaire de transcodage.

Il est vite devenu apparent que l'information explicitement présente dans un texte quelconque laisse subsister une grande part d'indétermination quant au contenu informationnel de ce texte. Dès 1960, Bar-Hillel (qui avait pourtant été auparavant très optimiste quant à l'avenir de la traduction automatique) avançait la thèse de l'impossibilité de la traduction entièrement automatique avec résultats de haute qualité. Bar-Hillel fondait sa démonstration [11] sur des exemples comme le suivant:

(1) The box is in the pen.

Un dictionnaire bilingue nous dira que <u>pen</u> se traduit tantôt par <u>plume</u>, tantôt par <u>parc</u> (de bébé). Le choix correct dans la traduction de l'exemple de Bar-Hillel doit reposer non sur des renseignements explicites dans le texte, mais plutôt sur notre connaissance du monde (e.g. taille relative des objets, probabilité relative de différentes situations, etc.). Il est

très facile de fournir d'autres exemples dont la traduction correcte suppose l'accès à notre connaissance de la réalité extralinguistique:

(2) ... federal and provincial governments ...

(3) John dropped the glass on the table. It broke.

(4) Discard used filter and replace it.

Dans le cas de l'exemple (2) le traducteur devra faire un choix quant à l'accord en nombre des adjectifs: le choix de "federal et provinciaux" résulte de sa connaissance d'une certaine réalité politique. Pour traduire correctement it (il ou elle?) en (3) il faut déterminer ce qui s'est cassé (le verre ou la table); c'est le sens commun qui à défaut d'indications contraires nous fait préférer la traduction par il. Enfin, la traduction de l'exemple (4) force le traducteur à choisir entre "remettre en place" et "remplacer" comme traduction de replace. Encore ici, on fait appel au sens commun: lorsqu'on jette un objet à la poubelle ce n'est pas normalement avec l'intention de le reprendre et de le remettrre en place tout de suite après.

La conclusion inévitable de telles constatations, c'est que la traduction entièrement automatique de bonne qualité de textes arbitrairement choisis n'est possible que dans la mesure où nous disposons de machines intelligentes: c'est-à-dire de

machines capables d'accéder non seulement au contenu linguistique explicite des textes (morphologie, syntaxe, sémantique), mais aussi à leur contenu implicite fondé une organisation cognitive globale (sens commun, savoir encyclopédique, raisonnements, etc.).

Si au cours des quinze dernières années, l'entreprise ambitieuse connue sous le nom d'intelligence artificielle a enregistré des progrès tangibles, elle nous a surtout permis de mieux saisir la complexité formidable des mécanismes cognitifs humains. Nous sommes encore bien loin de la machine à penser universelle. En conséquence, nous sommes encore loin de la machine à traduire universelle.

La recherche de solutions sous-optimales

Le marché de la traduction connaît depuis plusieurs années, à l'échelle mondiale, une croissance extrêmement soutenue. Les enjeux économiques et politiques qui alimentent ce marché ne cessent de prendre de l'importance.

A défaut d'une solution optimale au problème de la traduction (la machine à traduire universelle), il importe de trouver des palliatifs qui aideront les traducteurs à faire

face à une demande de plus en plus difficile à satisfaire à un coût acceptable. Ces palliatifs se fonderont sur des compromis concernant l'un ou plusieurs des attributs suivants de la machine à traduire universelle: a) capacité de produire des traductions de haute qualité; b) automatisation totale; c) capacité de traduire n'importe quel texte.

A) Les traductions approximatives

Il arrive parfois que des spécialistes doivent procéder à "l'écrémage" de masses de documentations en langue étrangère pour y dépister un petit sous-ensemble intéressant. Des machines capables de fournir de grossières ébauches peuvent jouer un rôle utile, quitte à ce que les documents jugés intéressants soient ensuite traduits manuellement. Les situations où ce genre de technique est utilisable (p. ex. intelligence militaire) sont toutefois l'exception plutôt que la règle.

B) La traduction semi-automatique

Un ensemble de techniques d'applicabilité plus générale se fonde sur une automatisation partielle du processus de traduction.

Dans le cas de la traduction humaine assistée, le traducteur humain conserve l'initiative complète du processus de traduction, mais il a recours à une machine pour automatiser certaines tâches périphériques. Parmi les outils potentiellement utiles au traducteur, on peut inclure la télécommunication de textes, l'accès à des bases de données lexicographiques et terminologiques, l'accès à des banques de textes traduits, le traitement de texte multilingue, les vérificateurs d'orthographe, etc. Cette approche technologiquement modeste offre l'avantage d'être applicable dans la plupart des contextes de traduction. On ne peut que déplorer, faisant écho à Kay [2] qu'elle demeure jusqu'à maintenant fort peu exploitée.

La traduction machine assistée par l'humain se distingue de l'approche précédente en ce qu'elle confie à la machine l'initiative principale du processus de traduction, mais lui fournit une assistance humaine pour résoudre les problèmes trop difficiles. L'intervention humaine peut être effectuée avant le processus de traduction machine par des annotations ajoutées au texte; on parle alors de systèmes fondés sur une pré-édition humaine (cf. le système CULT de l'Université de Hong-Kong). L'intervention peut également prendre la forme d'indications fournies à la machine sur demande; en ce cas, il s'agit de systèmes dits interactifs (cf. le système ALPS).

Finalement, l'intervention peut avoir lieu après coup, pour réparer les erreurs ou combler les vides, et on parle alors de post-édition. La plupart des systèmes de traduction automatisée ont recours à une certaine quantité de post-édition. Par contre, la pré-édition et l'interactivité posent des problèmes difficiles: l'information qu'exige la machine doit souvent être formulée dans des termes trop proches de la machine, trop loin de l'humain.

C- La traduction automatique spécialisée

Si l'on veut retenir des exigences élevées de qualité et une automatisation relativement poussée, on peut alors renoncer aux systèmes "universels" et se tourner vers des systèmes conçus sur mesure pour des types très particuliers de textes. Dans cette catégorie, on trouve d'abord les systèmes à entrée contrôlée, c'est-à-dire des sytèmes qui présupposent que le texte à traduire a été rédigé dans une langue simplifiée, suivant un ensemble rigide de conventions. Le système TITUS, qui traduit des résumés d'articles dans le domaine des textiles en est l'exemple le plus connu. Cette approche n'est applicable que lorsque les services de traduction ont un contrôle sur le processus de rédaction et que le sujet se prête bien à une langue extrêmement codifiée.

On peut aussi développer des systèmes spécialisés pour des sous-langues naturelles [3]. Cette approche mise de l'avant par le groupe TAUM de l'Université de Montréal [4] se fonde sur l'existence de sous-systèmes linguistiques adoptés spontanément par des sous-communautés linguistiques dans certaines situations. Les prévisions météorologiques, les rapports d'activité boursière et les recettes de cuisine constituent autant d'exemples frappants de sous-langues naturelles. Dans chaque cas, les contraintes pragmatiques sur le contenu des textes s'accompagne de restrictions particulièrement fortes sur la langue qui véhicule ce contenu. Le système TAUM-METEO traduit quotidiennement les prévisions météorologiques d'Environnement Canada depuis 1977, et sa charge de travail approche maintenant 15 millions de mots par an. Le taux de post-édition requis est minime et ce système constitue sans contredit la réussite la plus spectaculaire à ce jour en traduction automatisée.

L'automatisation de la traduction peut donc à l'heure actuelle s'avérer très rentable, pour autant que l'on sache mettre en oeuvre des "techniques de sous-optimisation" adéquates.

Intérêt renouvelé pour la traduction automatisée

L'optimisme initial quant à la possibilité de développer la machine à traduire avait généré une intense activité de recherche et développement durant les années cinquante. La traduction automatique occupait alors une place prépondérante au sein des activités dans le domaine de la "mécanisation de la pensée" connu aujourd'hui sous le nom "d'intelligence artificielle".

En 1966, un comité mandaté par le gouvernement américain pour examiner les causes des échecs répétés enregistrés dans les tentatives de traduction automatique remit son rapport maintenant connu sous le nom de "rapport ALPAC" [57]. Les auteurs y critiquaient sévèrement l'approche à court terme adoptée dans la plupart des projets et recommandaient que les crédits gouvernementaux soient réorientés vers la recherche à plus long terme en linguistique informatique et en intelligence artificielle. Ce rapport produisit alors un effet dévastateur sur le monde de la traduction automatisée, faisant disparaître la plupart des projets de R & D dans le domaine à travers le monde entier.

Bien qu'une lecture attentive du rapport indique qu'on y condamnait non pas la traduction automatisée en tant que chamo

d'étude mais plutôt les approches à courte vue en intelligence artificielle, il eut quand même pour effet de discréditer la notion même de traduction automatisée.

Encore aujourd'hui, l'activité de recherche en traduction automatisée est quasi inexistante aux Etats-Unis. Beaucoup de chercheurs en linguistique informatique préfèrent toujours concentrer leurs efforts sur des applications qui répondent à des besoins beaucoup moins évidents que ceux de la traduction.

Depuis 1980, on assiste toutefois à un regain d'intérêt croissant pour la traduction automatisée. Aux Etats-Unis, le mouvement est surtout perceptible dans le secteur privé. Trois nouveaux systèmes commerciaux (ALPS, WEIDNER et LOGOS) sont venus s'ajouter à SYSTRAN qui détenait un quasi-monopole depuis 1965, et ces systèmes semblent trouver de nombreux preneurs dans plusieurs pays. De plus, IBM et Digital Equipment poursuivent présentement des travaux en traduction assistée par ordinateur et en traduction automatique.

En Europe la CEE a lancé un effort à grande échelle avec l'ambitieux projet EUROTRA qui vise à construire un système capable de traduire entre les neuf langues de la communauté. Plusieurs pays européens financent leur propres recherches universitaires (France, Hollande, Angleterre). Les firmes Siemens (Allemagne) et Philips (Hollande) sont à développer leurs propres systèmes de traduction.

Mais c'est sans doute au Japon que l'activité est la plus intense. On y compte pas moins d'une quinzaine de projets de R & D dans les universités et les entreprises. De plus, la traduction automatique occupe une place centrale dans la seconde phase (présentement en cours de démarrage) du fameux projet sur les ordinateurs de cinquième génération.

Le programme de recherche et développement du CCRTT

Le Centre canadien de recherche sur l'informatisation du travail est présentement à mettre sur pied un programme de recherche et développement en traduction assistée par ordinateur. Ce programme s'inspire des recommandations du rapport COGNOS [6] et reflète l'appréciation de l'état des travaux dont nous avons fait part dans les sections précédentes. Dans cette perspective, deux des trois volets du programme visent le développement de systèmes fondés sur des techniques précises de "sous-optimisation". Le troisième volet de notre programme concerne la recherche orientée vers des systèmes de traduction plus puissants, basés sur des techniques relevant de l'intelligence artificielle.

Volet I: Poste de travail spécialisé en traduction

Les seuls systèmes d'applicabilité générale qui soient présentement réalisables en traduction sont ceux qui laissent au traducteur humain l'entière initiative du processus de traduction, lui fournissant un ensemble intégré d'outils susceptibles de l'aider à accomplir sa tâche.

Le travail du traducteur est une tâche complexe, comportant beaucoup d'aspects différents. En conséquence, un poste de travail spécialisé en traduction devrait réunir et intégrer de facon adéquate une vaste gamme d'outils, parmi lesquels devraient figurer:

- télécommunication de textes;
- aides à la gestion des tâches de traduction;
- aides à la recherche lexicographique et terminologique
  - . "cardex" informatisé
  - . dictionnaires naturels informatisés
  - . accès à des banques terminologiques à distance
  - . accès à des banques de textes traduits
  - . outils d'établissement de concordances

- aides à la rédaction
  - . traitement de texte multilingue
  - . vérificateurs d'orthographe, de grammaire, etc.

Enfin, un tel poste de travail devrait prévoir l'intégration ultérieure de modules plus avancés, comme par exemple des systèmes de traduction automatique spécialisés.

Volet II: Traduction automatique spécialisée

Nous avons vu plus haut que l'approche dite par sous-langue a permis d'obtenir des résultats spectaculaires dans le domaine des prévisions météorologiques (système TAUM-METEO). Il nous apparaît extrêmement important de mettre à profit ce genre de technique pour un nombre aussi grand que possible de domaines. Alors que le poste de travail prévu au volet I opte pour la généralité du champ d'application au détriment du degré d'automatisation, le présent volet effectue la démarche inverse. Les deux approches sont parfaitement complémentaires puisque, à moyen terme, le poste de travail fournira un environnement idéal pour l'implantation de modules de traduction automatique spécialisés.

Avant d'amorcer le développement de systèmes de traduction spécialisés, il est essentiel d'arriver à bien mesurer la complexité des sous-langues concernées. On s'attachera donc à inventorier les domaines d'application possibles et à évaluer leur complexité relative avec les meilleurs instruments de mesure possibles.

Ensuite seulement pourra-t-on lancer un ou plusieurs projets de développement, en se basant sur l'utilisation de techniques et d'outils de programmation éprouvés en matière de traitement des langues naturelles.

Volet III: Systèmes de traduction de "troisième génération"

Dans la mesure où les volets précédents atteindront leurs objectifs, notre programme apportera à moyen terme une contribution tangible aux problèmes de la traduction. Toutefois, il faut reconnaître que cette contribution restera relativement modeste: le poste de travail n'automatise que les tâches périphériques à la traduction alors que les systèmes spécialisés ne s'attaquent qu'au cas spécial des sous-langues simples.

Si l'on veut parvenir à repousser un tant soi peu ces limites, il est absolument nécessaire de favoriser la recherche orientée vers des systèmes plus intelligents. Si les recherches sur le traitement des langues naturelles et l'intelligence artificielle ont reçu un support considérable depuis quelques années, il demeure que ces recherches ont rarement été focalisées sur le problème de la traduction automatisée, qui constitue pourtant l'un des meilleurs bancs d'essai qui soit.

Il nous apparaît tout-à-fait opportun de faire maintenant l'effort d'appliquer les plus récentes techniques de l'intelligence artificielle et du traitement des langues naturelles (p. ex. différents systèmes de représentation des connaissances et de raisonnement "non-monotonique") au problème de la traduction. De plus, il est impérieux de poursuivre des recherches sur des problèmes qui sont plus spécifiques à la traduction, comme par exemple ceux de l'acquisition et de la représentation du savoir contrastif interlinguistique.

Notre programme, en conséquence, prévoit l'exploration de modèles avancés en traduction automatisée (modèles dits de "troisième génération") et l'illustration de tels modèles dans des systèmes prototypes.

Conclusions

La traduction met en jeu les capacités cognitives globales de l'humain. Pour cette raison, la machine à traduire universelle demeure présentement hors d'atteinte. Il est quand même possible de venir en aide aux traducteurs, dont le fardeau ne cesse d'augmenter, pour autant que l'on adopte des stratégies de sous-optimisation adéquates (niveau d'automatisation moins élevé, ou spécialisation des systèmes). Face au regain d'intérêt à l'échelle mondiale pour l'automatisation de la traduction, il devient pressant d'agir.

Le programme du CCRIT vise à redonner au Canada son rôle traditionnel de chef de file en la matière. A court et moyen terme, ce programme adopte une approche réaliste, fondée sur des stratégies claires de sous-optimisation: poste de travail spécialisé en traduction, et systèmes orientés vers des sous-langues. A plus long terme, il vise à mettre l'intelligence artificielle au service de la traduction.

Références

[1] Bar-Hillel Y., The Present Status of Automatic Translation of Languages, in F.L. Alt. (ed.), Advances in Computers, vol.1, Academic Press, New York, 1960, pp. 91-163.

[2] Kay M., The Proper Place of Man and Machines in Translation, AJCL, 1976, microfiche 46.

[3] Kittredge R., Lehrberger J. (eds.), Sublanguage: Studies of Language in Restricted Semantic Domains, De Gruyter, New York, 1982.

[4] Isabelle P., Le projet TAUM de traduction automatique, La Revue québécoise de linguistique, 5:2, 1986.

[5] ALPAC. Languages and Machines: Computers in Translation and Linguistics. Report of the Automatic Language Processing Advisory Committee, Division of Behavioral Sciences, National Academy of Sciences, NCR, publication 1416, Washington, 1966.

[6] La traduction automatique et le traitement automatisé des langues naturelles: Créneaux pour l'intelligence artificielle au Canada. Rapport d'un contrat d'étude octroyé par le MDC à la Société Cognos, réf.: DOC-CR-84-048, 1985.

Applications du langage LESK à la formulation de règles administratives

Stan Matwin
Département d'Informatique, Université d'Ottawa, et
Matwin and Associates, Inc.

1 - INTRODUCTION

L'objet de ce présent article porte sur l'utilisation du langage LESK pour formuler un ensemble de règles, dans le but de développer une base de connaissance. Ces travaux entrent dans le cadre de la recherche effectuée au département d'informatique de l'Université d'Ottawa. Dans un premier temps, nous décrirons brièvement LESK en tant que notation qui, selon nous, semble particulièrement adaptée à la représentation d'une base de connaissances normatives.

Notre concept de connaissances normatives englobe ce type de connaissance sous forme de règlements administratifs, législatifs et financiers. Nous focaliserons donc notre présentation sur une étude de cas choisie pour notre recherche: une tentative de représentation en LESK d'un sous-ensemble du règlement 370 de la Commission du Trésor du Gouvernement du Canada portant sur les voyages d'affaires des fonctionnaires.

Nous montrerons enfin comment le prototype d'un système expert capable de répondre à des questions typiques d'utilisateurs potentiels d'un tel système, a été conçu et réalisé par notre groupe.

Nous terminerons cet article par une réflexion sur l'utilisation de la méthode proposée pour la représentation et la vérification des législations.

2 - LE LANGUAGE LESK

LESK (Language for Exactly Stating Knowledge) a été conçu par D. Skuce (Skuce 83). LESK est fondé sur deux domaines principaux: logique et linguistique.

L'élément logique de LESK s'appuie sur l'idée de règles dont la structure ressemblerait à celle des règles de Horn, comme en Prolog. Une règle est donc composée de prédicats et est constituée d'une tête et éventuellement d'un corps. Une règle qui n'a pas de corps est dite un fait. Les variables constituent aussi une notion importante dans le langage LESK; les variables de LESK correspondent à celles de Prolog, puisqu'elles peuvent s'unifier non seulement à des termes, mais aussi à d'autres variables.

Prenons l'exemple suivant:

Etant données les variables:

D de type dépense,
E de type employé,
H de type hébergement commercial,

si

D est réelle,
D est raisonnable,
E a encouru D pour H,
H est autorisée,

alors

E doit être remboursée pour D.

On peut donc remarquer que LESK permet d'associer un type à des variables, ce qui constitue une extension par rapport à Prolog. Nous considérons cette extension très importante pour atteindre notre objectif, qui est de pouvoir représenter les connaissances obtenues à partir de documents, de manuels et de règlements "réels".

Au niveau de la linguistique de LESK, les prédicats sont fondés sur les noms, les verbes et les adjectifs. Le texte écrit en langage naturel sera donc traduit en LESK. Les détails de cette méthode sont présentés dans notre article (Skuce et al. 86).

3 - DEVELOPPEMENT D'UNE BASE DE CONNAISSANCES EN LESK

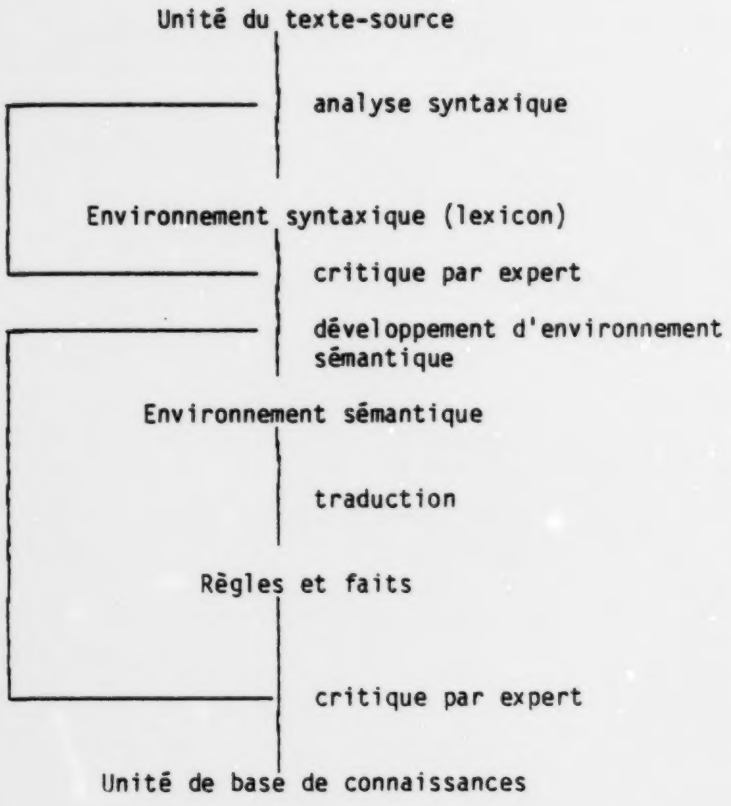
Nous avons focalisé notre projet sur une tentative de développement d'une base de connaissances en LESK. Notre objectif visait une base qui, sans introduire un volume excessif d'information, nous permettrait d'expérimenter des règles dont le chainage et la portée n'étaient pas évidents. Le document sur lequel nous nous sommes penchés lors de notre étude était le règlement 370 de la Commission Fédérale du Trésor sur les voyages d'affaires. Ce document, qui compte quelque 16000 mots est assez détaillé pour nécessiter des interprétations non évidentes. Toute personne possèdant une compréhension profonde de ce document peut être considérée comme expert dans le domaine de voyages d'affaires. Il est peut-être intéressant de noter que, pendant notre travail, nous avons détecté plusieurs lacunes, voire même des contradictions dans ce document. Ceci ne représente, en aucune manière, une critique sur les auteurs dudit document. Il nous semble simplement que ce genre de problèmes est inévitable dès lors qu'on entreprend une description d'un système de règles d'un certain volume, sans avoir recours à des outils qui servent à vérifier

les caractéristiques logiques d'un tel système.

Dans notre projet, nous avons codé un tiers du document en LESK, et nous avons également développé des moteurs d'inférences spécialisés (chainage avant et chainage arrière en tenant compte des spécificités de nos règles) nous permettant alors de répondre à des questions sur des voyages d'affaires. Nous avons donc formulé quelques cinquante règles, sans compter les règles qui introduisent des définitions ou des contraintes sur les objets.

Nous voulons souligner ici que le processus de développement des règles à partir du texte source n'est ni facile, ni rapide. La première tâche d'un ingénieur cognitien est de déterminer quelle partie du texte source sera représentée par une seule règle. Ceci demande parfois la collaboration d'un expert dans le domaine en question, puisqu'une compréhension exacte du texte est nécessaire à la définition du contenu d'une règle. Le problème typique qui se pose ensuite est celui de la détermination du verbe, lequel va former la tête de la règle développée. Si l'on suit le texte source à la lettre, on tend à utiliser un ensemble assez limité de verbes. Par exemple, dans les règlements qui faisaient l'objet de notre projet, la fréquence d'apparition du verbe "rembourser" se monte à 80% de l'ensemble des verbes présents dans le texte. Il faut donc se poser la question sur le contenu sémantique du morceau du texte source qui fait l'objet du traitement.

Dans un récit plus complet de notre projet, nous présentons un pseudo-algorithme de traduction du texte source en LESK. Nous suggérons que les ingénieurs cognitiens suivent cet algorithme dans le cadre général du développement d'une base de connaissance, lequel suit le schéma suivant dans notre méthode:



Pour terminer cette discussion de traduction du texte-source en LESK, nous présentons un exemple complet dérivé du texte anglais qui faisait l'objet de notre étude originelle:

6.3.2.2 When an employee occupies private, non-commercial accommodation while travelling on official government business to a location abroad for which an authorized meal allowance has been estalished, he shall receive either 80 per cent of that allowance or, when he certifies that all meals were taken commercially, he shall be reimbursed his actual and reasonable meal cost supported by receipts, up to the appropriate daily meal allowance.

(a) <u>L'unité du texte-source</u>

Pacc is a private non_commercial accommodation
Cty is a city
Ee is an employee
D is a day in Ts
Amallo is the daily meal_allowance for Cty

(b) Les variables introduites pendant la traduction

if D is a full day
Pacc is used on D
Pacc is in Cty
Cty is listed in the sla
Mod is all the meal on D
Expmod is the total of all the expenses of Mod
Ee claims Expmod with proof_of_payment

then Ee shall be reimbursed for_up_to Amallo for meals

if D is a full day
Pacc is used on D
Pacc is in Cty
Cty is listed in the sla
Mod is all the meals on D
M is a meal in Mod
there is no proof_of_payment for M
Allo is equal_to 80 per cent of Amallo

then Ee shall be reimbursed Allo for meals

(c) L'unité de la base de connaissance obtenue pendant la traduction

4 - LE MECHANISME DE "QUESTION ANSWERING" DANS NOTRE SYSTEME

Les questions auxquelles nous répondons avec notre système sont d'abord traduites dans une représentation interne, qui est en fait la même que la représentation des connaissances. Chaque question est donc traduite en schéma de règle. Ce schéma est, à son tour, unifié avec la base de connaissances, et chaque règle qui est compatible avec le schéma est considérée comme partie de

la réponse. Une caractéristique intéressante de notre méthode est le traitement d'hypothèses incomplètement spécifiées, c'est-à-dire les hypothèses explicites dans la question qui n'impliquent pas logiquement toutes les conditions dans les prémisses de la règle jugée autrement compatible avec le schéma de la question.

Pour rendre ce traitement plus clair, servons-nous de l'exemple suivant:

Question: Supposons qu'un employé utilise un hébergement convenablement situé. Est-ce qu'une preuve de paiement est nécessaire?

Ee utilise H
H est convenablement situé
---→ Ppmnt est nécessaire
où les variables ont les types suivants:
Ee est un employé
H est un hébergement
Ppmnt est une preuve de paiement.

Supposons en plus que la base de connaissances contient une seule règle qui est (partiellement) compatible avec le schéma de règle ci-dessus, et que cette règle compatible a le format suivant:

Ee utilise H
D est la dépense pour H
M est le montant de D
M est plus grand que l'allocation d'hébergement commercial
---→ Ppmnt est nécessaire.

Remarquons que, si nous adoptons le mécanisme de déduction de Prolog, la recherche aurait échoué puisque le schéma ne correspond pas exactement à la règle. Nous avons donc proposé un mécanisme de déduction plus flexible qui tient compte d'incompatibilité et en informe l'utilisateur. Dans notre exemple la réponse du système sera donc:

Oui, pourvu que:

l'hébergement soit un hébergement commercial,
le montant de la dépense soit pour cet hébergement,
et le montant de la dépense soit plus grand que
l'allocation d'hébergement commercial.
(Hypothèse non pertinente: l'hébergement est situé convenablement).

5 - CONCLUSIONS

Il nous semble qu'une méthodologie semblable à celle que nous proposons ici est essentielle pour faciliter l'accès automatique à l'information dans les manuels, les règlements, les conventions et dans d'autres documents qui nous submergent dans notre environnement quotidien. Nous voulons souligner le fait que l'accès à l'information n'est pas équivalent à l'accès au texte du document. Il faut donc concevoir et réaliser des systèmes qui vont se servir de façon conjointe de techniques appartenant à la bureautique et de techniques appartenant à l'intelligence artificielle.

D'autre part, le nombre croissant de législations et leurs complexités rendent nécessaires des outils qui pourraient servir à la recherche d'inconsistances et de contradictions. Nous croyons que la représentation introduite ci-dessus ainsi que certains logiciels développés pendant nos recherches, peuvent constituer un point de départ pour des travaux de plus grande envergure dans ce domaine.

6 - REFERENCES

[Skuce 83] D. Skuce, "The LESK Tutorial", Department of Computer Science, University of Ottawa, TR-83-03, July 1983.

[Skuce et al. 86] D. Skuce, S. Matwin, B. Tauzovich, F. Oppacher, S. Szpakowicz, "A Logic-based Knowledge Source System for Natural Language Documents", to appear in Data and Knowledge Engineering, North Holland, 1986.

Potentiel d'applications de Déredec dans le contexte de la bureautique

Pierre Plante

La présente communication est extraite d'un rapport présenté au Ministère des communications en avril 1986

1. **La bureautique et l'analyse de textes par ordinateur** 3

2. **Le niveau 1 : les logiciels SATO et Déredec** 4

3. **Les aides à l'écriture** 6

4. **Les aides à la révision** 10

5. **L'examen stylistique** 10

6. **Les aides à l'annotation** 14

7. **Les aides à la lecture** 27

8. **Systèmes d'Analyse Automatique d'Interviews (SAADI)** 28

9. **Les aides à l'extraction/organisation des connaissances** 29

1. La buresutique et l'analyse de textes par ordinateur

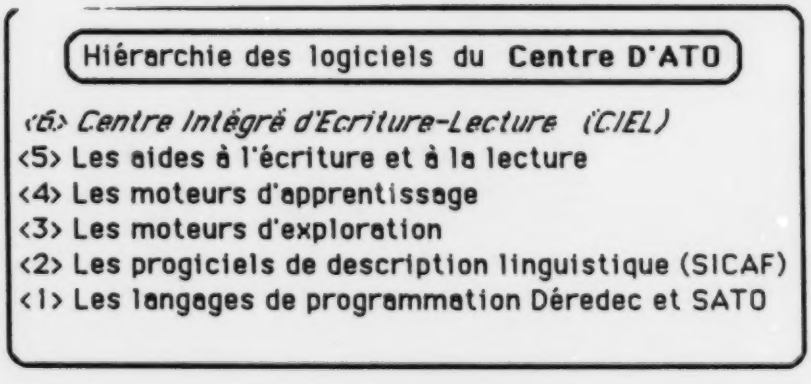
L'analyse de textes par ordinateur intervient dans un moment logique distinct de ce qu'il est convenu d'appeler le "traitement de texte" c'est-à-dire la prise en charge par un programme informatique des questions d'entrée des textes et d'édition des textes.

Une fois cette distinction comprise, nous divisons en deux catégories les applications automatisées ou semi-automatisées sur les textes. Nous parlerons ainsi d'applications d'écriture et d'applications de lecture.

Les programmes du premier type ont pour but l'assistance à l'écriture, c'est-à-dire à la génération d'un document nouveau alors que ceux du second type s'appliquent sur des textes déjà écrits. Cette distinction opère du point de vue de l'utilisateur. Elle suggère un premier classement général des besoins de l'utilisateur.

Les applications d'aides à l'écriture et à la lecture des textes constituent actuellement le niveau le plus évolué, c'est-à-dire le plus rapproché de l'opérateur humain dans la hiérarchie des logiciels développés au Centre d'Analyse de Textes par Ordinateur de l'UQAM. Tel qu'en fait foi le schéma 1, quatre niveaux se trouvent dominés par lui et un sixième niveau pourrait éventuellement le dominer.

Schéma 1



Le CIEL rassemble en un seul logiciel intégré les différentes applications d'aides à l'écriture-lecture. Nous ne prévoyons pas à court ou moyen terme la mise en chantier de cette étape. Cette structuration en niveaux du plan général de la production actuelle, de la recherche et du développement reflète deux contraintes conceptuelles fondamentales à notre orientation : compatibilité et autonomie.

L'utilisation d'une seule structure de représentation (stockage) des données textuelles et de leur description linguistique, permet un très haut degré de compatibilité entre les niveaux présentés. Cette compatibilité autorisera en retour une très large autonomie au plan du développement de chacun des logiciels. L'amélioration locale d'un logiciel d'un niveau donné ayant des répercussions positives immédiates sur ceux des niveaux supérieurs.

Nous avons extrait pour la présente communication que la description du niveau 5 plus un bref survol du niveau 1. Nous invitons les lecteurs intéressés aux autres niveaux à communiquer avec nous pour obtenir copie du rapport complet.

2. Le niveau 1 : les logiciels SATO et Déredec

Jusqu'aux années 80, les systèmes d'ATO consistaient essentiellement en des procédures d'obtention de concordances (segments d'un texte contenant des mots-clés) et d'analyses lexicométriques (diverses études statistiques sur la distribution des lexèmes (mots) dans un texte). Il existe plusieurs logiciels de support de ces exercices (JEUDEMO, F. Ouellette, Université de Montréal, ARRAS, J. B. Smith, Pennsylvania State University...).

Nous avons au Centre d'ATO, développé un logiciel de ce type : SATO (Système de base d'Analyse de Textes par Ordinateur, F. Daoust, 1985). Notre programme se distingue par les possibilités de traiter des caractéristiques symboliques associées aux lexèmes (ce qui permet diverses catégorisations et plusieurs alphabets dans un même texte) et par une implémentation sur micro-ordinateur.

Le système SATO est un instrument simple, efficace et interactif pour la manipulation des textes. SATO est surtout utilisé en phase initiale pour le traitement de gros corpus. Il permet des opérations de manipulation que l'on pourrait qualifier de rudimentaires, comme l'entrée et l'édition des textes, l'élaboration de lexiques, la catégorisation des mots du texte (réf. ci-bas, CBSF), les dénombrements de tout ordre, les concordances, etc.

SATO est muni d'une interface qui rend entièrement compatible les "images de texte" qu'il produit avec celles qui sont exigées par le logiciel Déredec.

Le Déredec (Plante, 1985b) est un système de programmation permettant la simulation des modèles et la vérification des hypothèses linguistiques ainsi que l'exploration des textes décrits linguistiquement. Ce langage de programmation a déjà acquis une réputation internationale. Il est considéré

par plusieurs chercheurs, à la fois comme un environnement de programmation puissant et un langage formel polyvalent pour l'analyse des langues naturelles.

Le Déredec est un langage plus approprié aux questions d'analyse linguistique que ne le sont les langages de programmation habituellement utilisés en intelligence artificielle (PROLOG, LISP, LOGO...). Ces langages, dédiés au traitement symbolique, restent selon nous, encore trop éloignés des objets spécifiques manipulés par les linguistes : morphèmes, lexèmes, syntagmes, phrases, réseaux sémantiques, paramètres et stratégies d'analyse.

Nous croyons posséder avec le logiciel Déredec, une avance certaine sur ce créneau précis d'investigation. Les expériences d'informatisation d'analyseurs linguistiques ont généralement été, du point de vue de la programmation, des réalisations quelque peu ad hoc, (habituellement en LISP) n'autorisant que peu de modifications et n'étant au fond que des illustrations computationnelles d'une théorie précise. Le Déredec permet quant à lui de programmer plusieurs types d'analyseurs basés sur des stratégies diverses. On peut par exemple rapidement mettre au point une version Déredec ascendante ou une version Déredec descendante d'une hypothèse d'analyse syntaxique donnée. Dans ce langage, les contraintes suivantes sont considérées comme des paramètres à la programmation :

- ascendance/descendance
- déterminisme/non-déterminisme
- utilisation ou non de projections lexicales
- parallélisme/séquentialité
- guidage ponctuel ou périscopique, etc.

Le système Déredec permet de stocker de l'information aux différents niveaux du fonctionnement d'une langue : morphologie, sémantique, logique, pragmatique et structures de discours. Il permet de manipuler ces niveaux, c'est-à-dire de les construire et de les explorer.

Le Déredec peut aussi être utilisé pour la programmation de systèmes où l'utilisation des concepts de la linguistique computationnelle peut être avantageusement privilégiée. Aussi en est-il du vaste domaine des sciences cognitives. Les systèmes-experts sont, pour leur programmation en Déredec, considérés comme des grammaires logico-sémantiques. Plusieurs caractéristiques de notre environnement de programmation (multiples mécanismes de traces, retours en arrière, hybridation entre les chaînages avant et arrière, isomorphie entre la structure des données et celle des arbres de décision...) permettront la programmation de moteurs d'inférence diversifiés et adaptés à la solution des problèmes les plus complexes.

SATO et Déredec sont les principaux environnements de programmation utilisés au Centre d'ATO pour la production des divers progiciels de manipulation textuelle, d'analyse linguistique et d'aides à l'écriture/lecture.

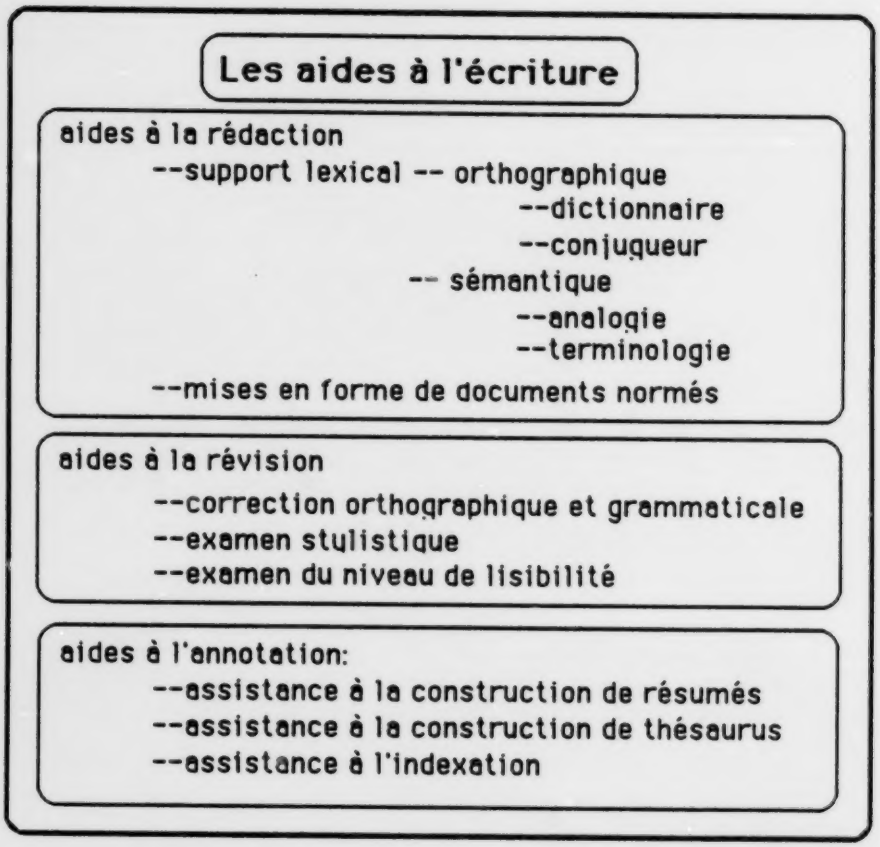
Cette caractéristique amène d'une part un haut niveau d'intégration entre tous les progiciels et par là même un plan de développement harmonieux,

et d'autre part une transportabilité accrue sur différents équipements informatiques. Nous avons jusqu'à présent développé les versions de ces environnements de programmation pour les machines IBM-PC-XT-AT, Macintosh et VAX 750.

3. Les aides à l'écriture

Comme on le voit dans le schéma 2, nous distinguons trois grandes catégories d'aides à l'écriture : les aides à la rédaction, à la révision et à l'annotation des textes.

Schéma 2



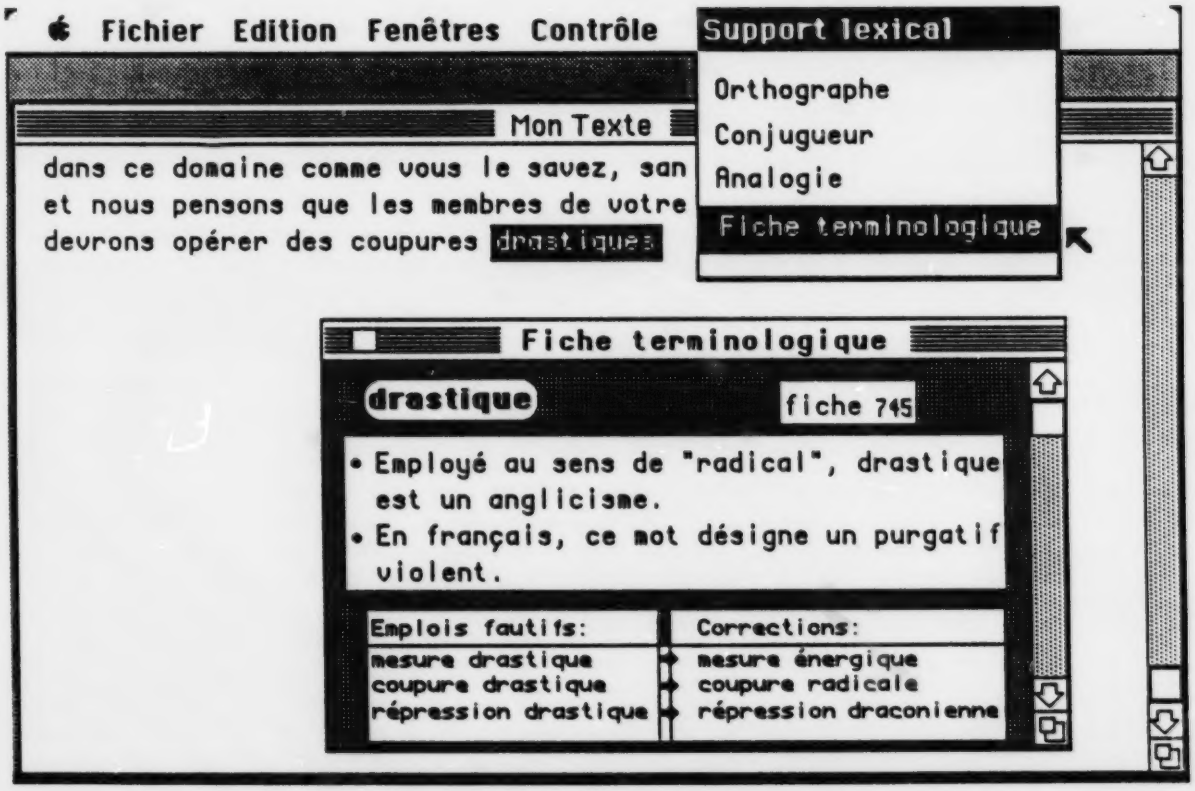
Les aides à la rédaction sont disponibles au moment de l'écriture proprement dite d'un document. Nous distinguons cette phase de celle de la révision des textes.

Au niveau de la rédaction, les informations demandées doivent être obtenues immédiatement, car le temps-réponse ne doit pas porter préjudice à la qualité de la poursuite du "fil des idées". On peut par exemple réussir à fournir très rapidement la forme conjuguée d'un verbe donné, pour telle ou telle personne, ou encore l'orthographe correcte d'une forme lexicale (à l'aide d'un algorithme de proximité lexicale et d'un dictionnaire). Par contre, une correction grammaticale exigera l'application de grammaires descriptives et le temps de calcul contraint nécessairement à une ergonomie générale différente.

Dans les aides au support lexical, à côté du conjugueur et du dictionnaire orthographique, on trouvera des clés d'accès à différents supports sémantiques. On pense ici à divers dictionnaires de type analogique ("synonymes" ou "les idées par les mots", etc.). Des fiches terminologiques diverses compléteront la panoplie des aides de ce type.

Les supports lexicaux sont donc soit des dictionnaires ou des algorithmes (conjugueur ou calcul de proximité lexicale pour l'orthographe) activés par la sélection par l'usager d'un lexème dans son texte, comme le montre l'exemple du schéma 3.

Schéma 3



Une "aide à la rédaction" de ce type se présente donc d'abord comme un éditeur de texte avec un menu **Support lexical**. La fonction principale de l'usager est simplement d'écrire son texte. Toutefois, tout mot noirci (avec la souris) peut activer une fenêtre d'information. Le contenu de certaines de ces fenêtres est fixe puisque relié à la nature de la langue. Ainsi en est-il du conjugueur verbal. Par contre, les dictionnaires sémantiques peuvent croître et on peut aussi imaginer tout un éventail de banques de données spécialisées qui vienne se ranger sous ce menu. Cette aide sera donc munie d'un moteur d'apprentissage pour que l'usager (ou un groupe d'usagers) puisse se construire les supports lexicaux de son choix.

Le progiciel d'aide à la rédaction incluerait aussi une génératrice de documents normés. Nous pensons ici à un système d'écriture automatique de documents présentant au niveau de la forme, une organisation rigoureuse et constante tels certains types de lettres, rapports, contrats, mémoires...

Ces programmes ont la forme de grammaires descendantes qui, selon les cas, peuvent être plus ou moins sensibles au contexte. Ainsi par exemple, une grammaire "Acte de Vente" pourrait se concevoir comme suit :

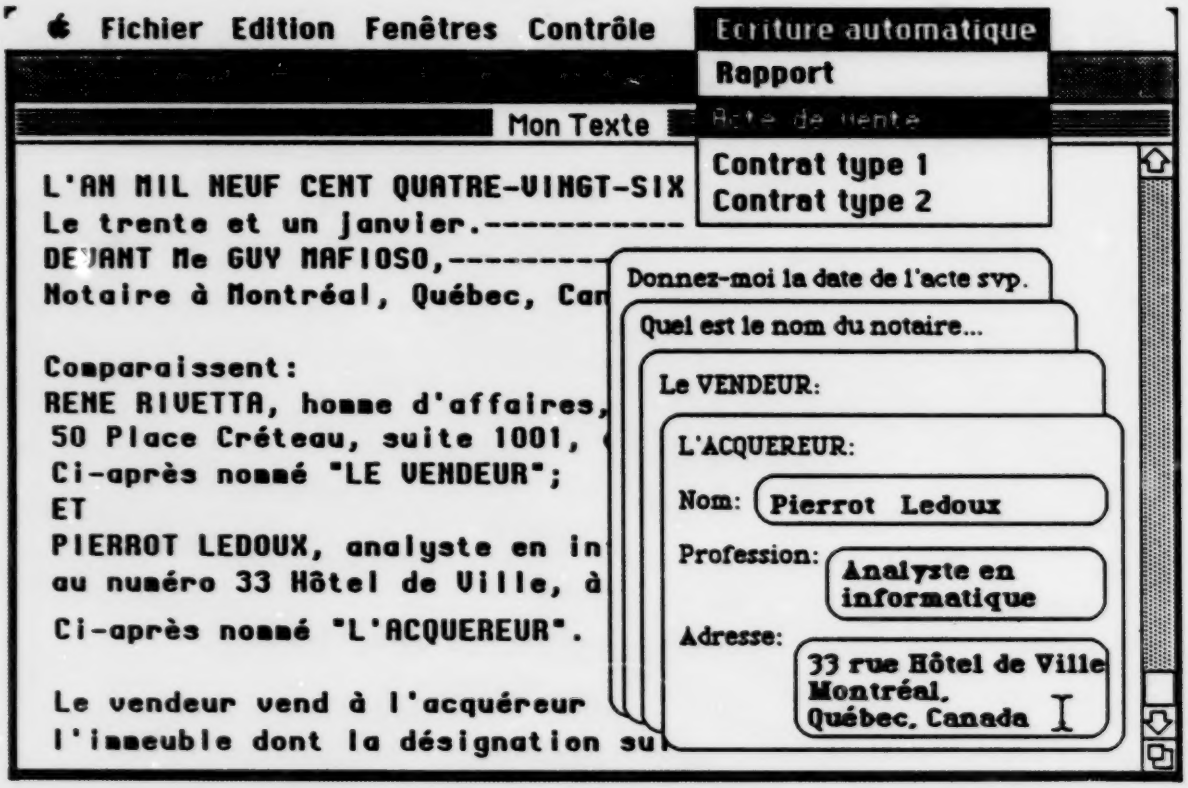
(Acte de Vente) ::= (Comparutions) (Désignation) (Déclarations)
(Obligations) (Prix) (Etat civil) (Lecture)

(Comparution) ::= (Date) (Notaire) (Lieu) (Vendeur) (Acquéreur)

(Date) ::= (Texte) "Donnez-moi la date de l'acte de vente."

(Notaire) ::= (Texte) "Le nom du notaire SVP ou ESPACE si notaire par défaut"
... et ainsi de suite (voir schéma 4).

Schéma 4



L'usager n'aura qu'à répondre aux questions du programme qui se chargera de la mise en forme du document. Le Déredec est particulièrement bien désigné pour la programmation de ces grammaires d'écriture spécialement dans les cas où l'exécution d'une règle doit être sensible au contexte de son appel. Plusieurs mécanismes permettent en Déredec de laisser des traces au moment de l'exécution d'une règle. Ces traces peuvent elles-mêmes être questionnées par d'autres règles. Cette technologie hybride descendante/ascendante semble être la voie la plus prometteuse lorsque les règles de génération sont nombreuses et complexes.

Dans un premier temps, en terme de plan de développement de ces progiciels, des analystes du Centre d'ATO programmeraient sur commande des grammaires précises. Forts de ces expériences, il est possible d'imaginer dans un deuxième temps la mise au point d'une aide à l'écriture automatique qui permettrait à quiconque de programmer sa propre grammaire d'écriture avec facilité.

4. Les aides à la révision

De façon générale, ces aides se distinguent des précédentes sur le plan ergonomique en ce qu'elles ne sont pas exécutées en interactif au moment de l'écriture mais plutôt en mode différé, une fois le texte écrit.

-- la correction orthographique et grammaticale

La révision des textes français par ordinateur est un domaine de la bureautique encore très peu développé. Les logiciels disponibles sur le marché actuellement se limitent à l'orthographe d'usage seulement. Il s'agit en fait de comparer tous les mots du texte à reviser à un dictionnaire plus ou moins complet de la langue (de 150,000 à 300,000 mots selon le logiciel utilisé) afin de déceler toute forme graphique fautive. Certains logiciels peuvent également proposer une correction grâce à un algorithme de proximité lexicale.

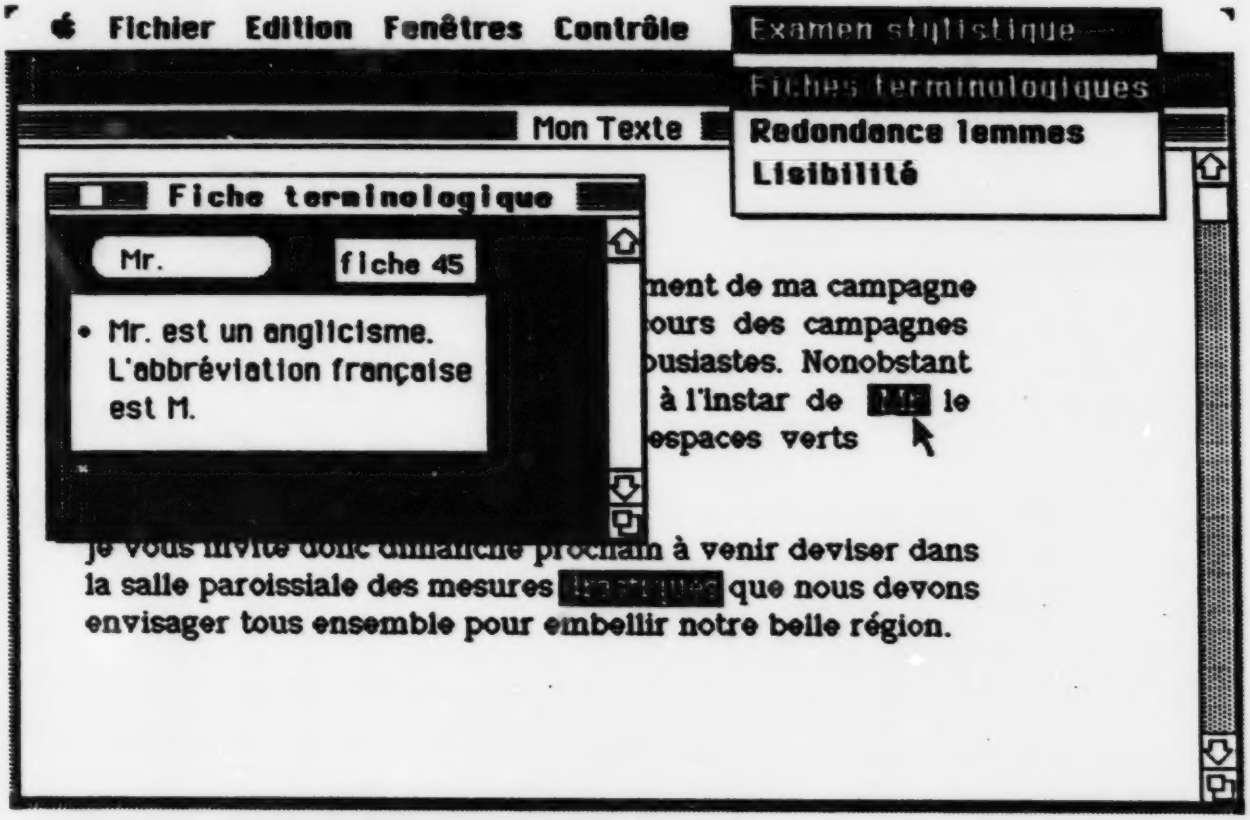
La révision de textes à des niveaux supérieurs - grammatical, syntaxique et stylistique - suppose un ensemble de règles qui régissent la graphie de chaque unité lexicale selon la fonction qu'elle remplit dans la phrase. A l'aide des logiciels développés au Centre d'ATO, la mise au point d'un tel système est envisageable.

5. L'examen stylistique

Une fois son texte écrit et corrigé au niveau orthographique et grammatical, l'usager peut le soumettre à une série d'examens stylistiques.

On peut imaginer dans un premier temps un examen qui fasse appel aux fiches terminologiques du module d'aide à la rédaction. Tous les mots du texte pour lesquels une fiche existe apparaîtront noircis dans la fenêtre d'édition. L'usager pourrait lire ces fiches une à une et prendre, le cas échéant, les décisions de révision qui s'imposent (voir schéma 5).

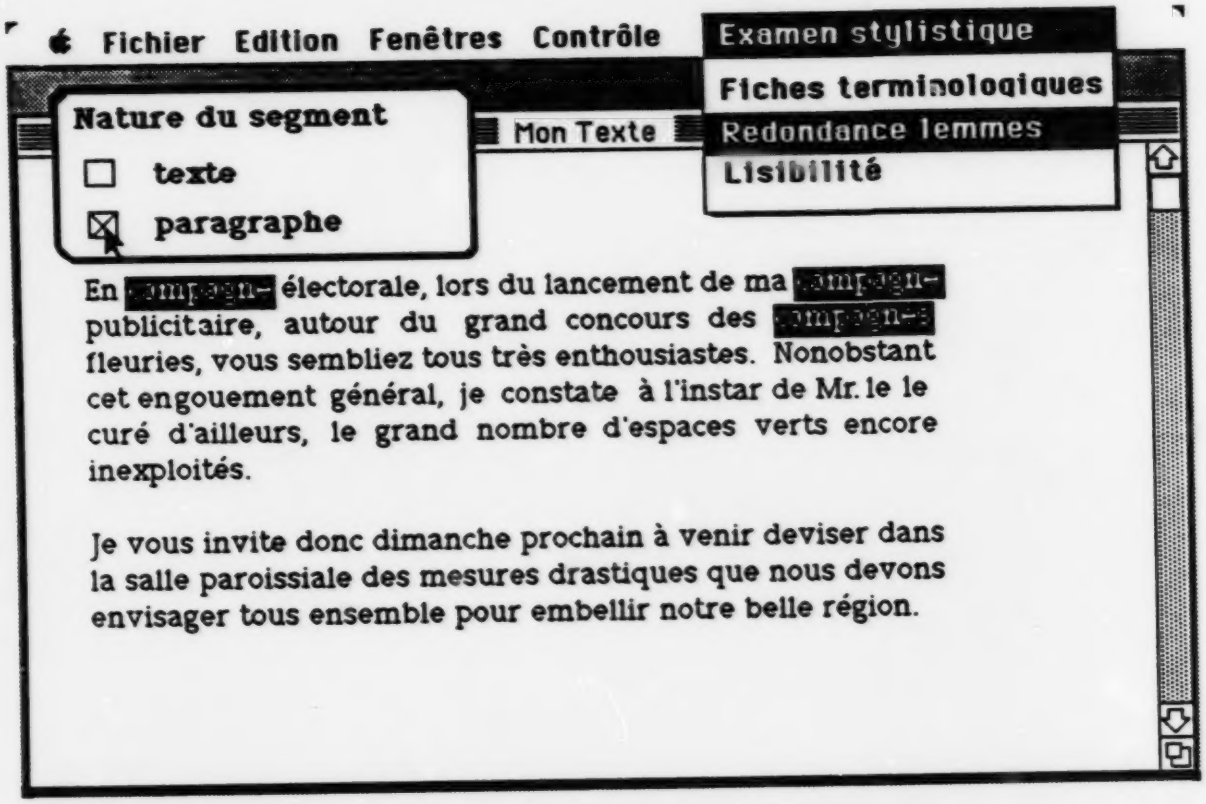
Schéma 5



L'activation de Fiches terminologiques au menu Examen stylistique va noircir automatiquement tous les items pour lesquels une fiche est disponible. Ces fiches vont apparaître une à une à la demande de l'usager (en cliquant sur l'un ou l'autre des mots noircis).

Un deuxième examen contrôlerait la redondance lexicale. Ainsi, l'algorithme pourrait signaler à l'écran l'emploi répété d'une même unité lexicale à l'intérieur d'une même phrase, d'un paragraphe ou d'un texte sous sa forme lemmatisée ou non (voir schéma 6).

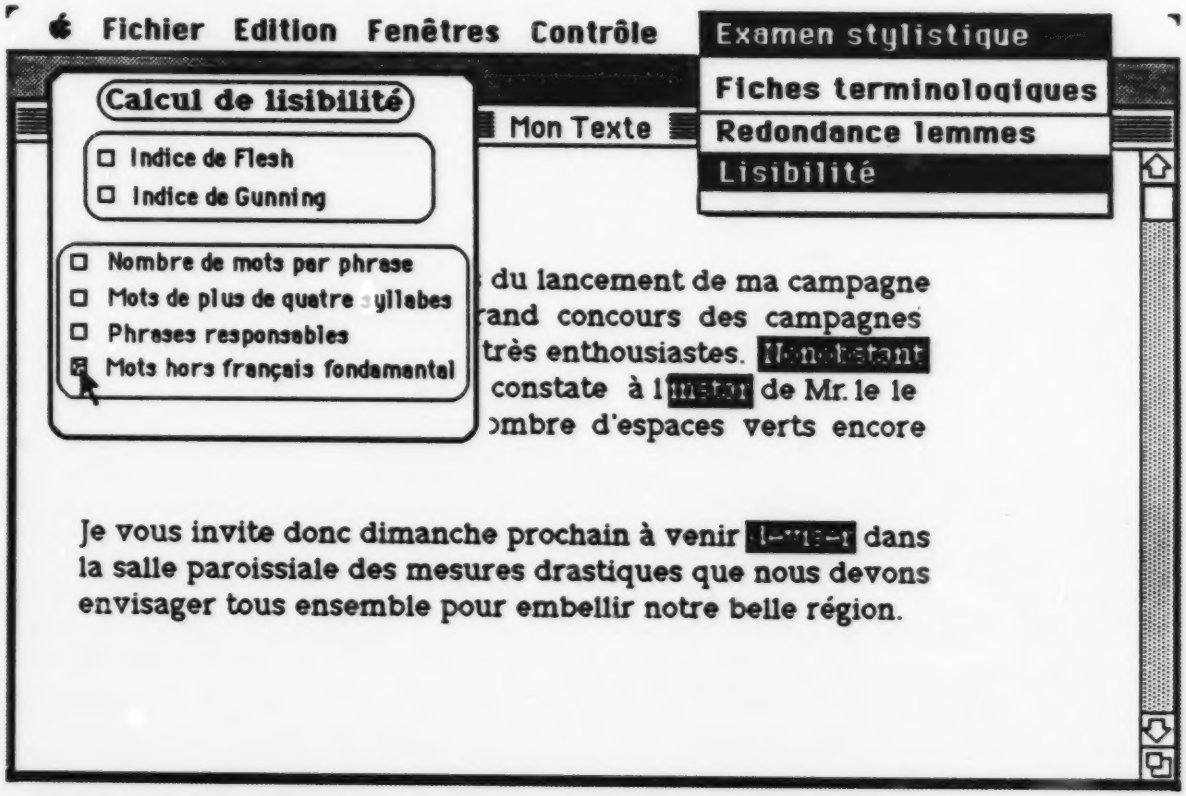
Schéma 6



Redondance-des-lemmes noircit les lexèmes d'un segment ayant le même lemme. Un segment peut être tout le texte ou le paragraphe.

Hormis les écrits très spécialisés, les mots utilisés dans un texte devraient normalement figurer dans le vocabulaire de base du français qui comprend environ 7000 unités. En comparant le lexique d'un texte à celui des termes fondamentaux, on pourrait déceler dans un document destiné à un large public par exemple, les mots appartenant à un niveau de langue trop littéraire, les termes trop techniques etc, et les mettre en relief à l'écran (voir schéma 7).

Schéma 7



Le calcul sur la lisibilité propose deux indices "classiques" ceux de Flesh et Gunning pour lesquels des échelles d'interprétation sont fournies. Ces indices s'appuient sur la détection des mots ayant plus de 4 syllabes et sur le nombre de mots par phrase. Notre algorithme permettrait en plus de connaître les mots ou phrases responsables d'un niveau donné de lisibilité.

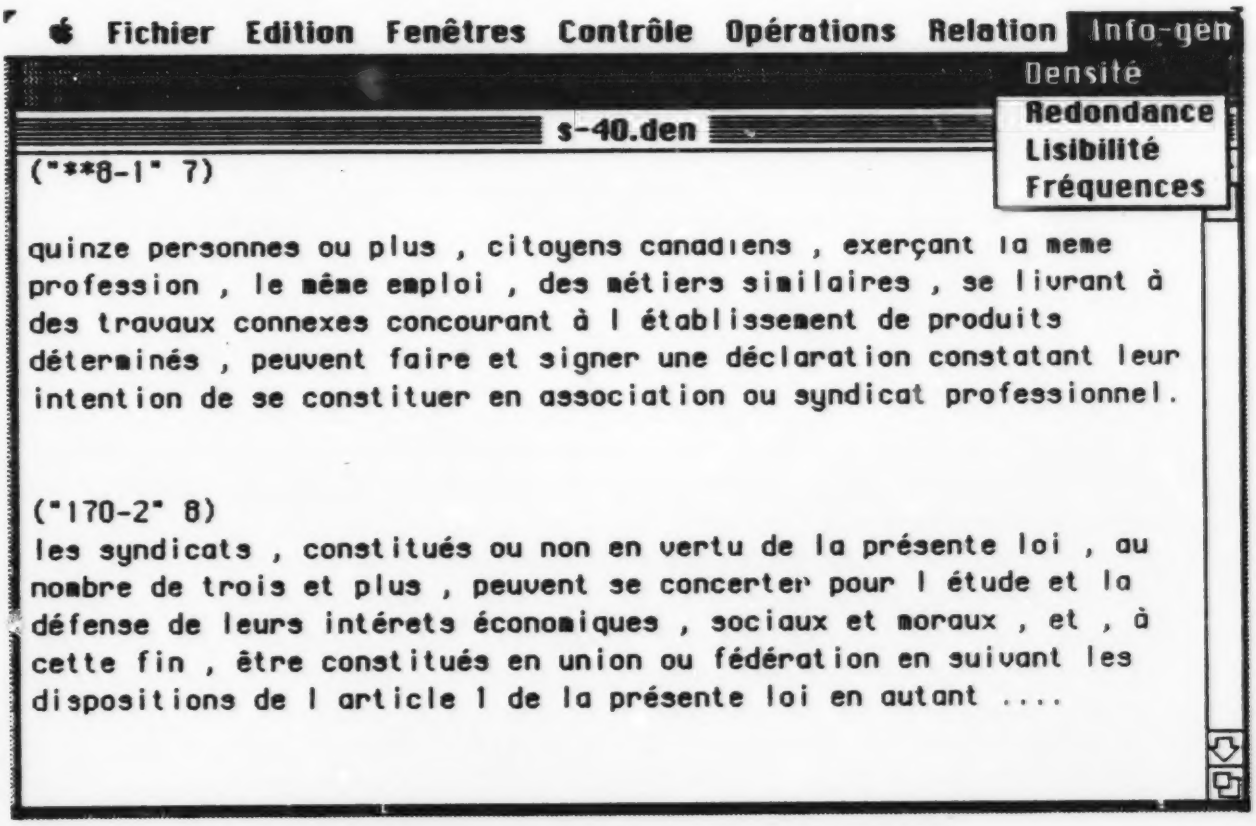
Par ailleurs un dictionnaire permet de dépister dans le texte les mots qui n'appartiennent pas au français fondamental. C'est ce qui se trouve illustré par cet exemple.

6. Les aides à l'annotation

Les annotations sont des opérations d'écriture associées à des manipulations sur un texte donné, déjà écrit. Il ne s'agit pas tant donc de modifier ce dernier mais plutôt de le parcourir de différentes façons, avec différentes lunettes, en questionnant aussi à l'occasion d'autres textes ou banques d'information, tout cela en vue d'effectuer et de regrouper des annotations dans un document autonome. Nous donnons comme exemples d'annotation : la construction de résumés, de thésaurus et d'index.

La construction de résumés de texte peut être facilitée par l'application sur ce dernier de moteurs d'exploration du type **DENSITE.** Cet algorithme dépiste les propositions d'un texte qui regroupent N mots (N)= 2) dont la fréquence est par ailleurs de M (M)= 2). Ces variables M et N sont des paramètres de l'expérience et peuvent donc être changés selon l'ordre de grandeur et/ou la nature du texte. Nous illustrons l'application par un exercice de **DENSITE** sur un texte de loi (extrait des lois du Québec). Il s'agit de la loi S-40 sur les syndicats professionnels (voir schéma 8).

Schéma 8



La première proposition contient 7 mots ayant dans le texte une fréquence supérieure à 2. La seconde en contient 8.

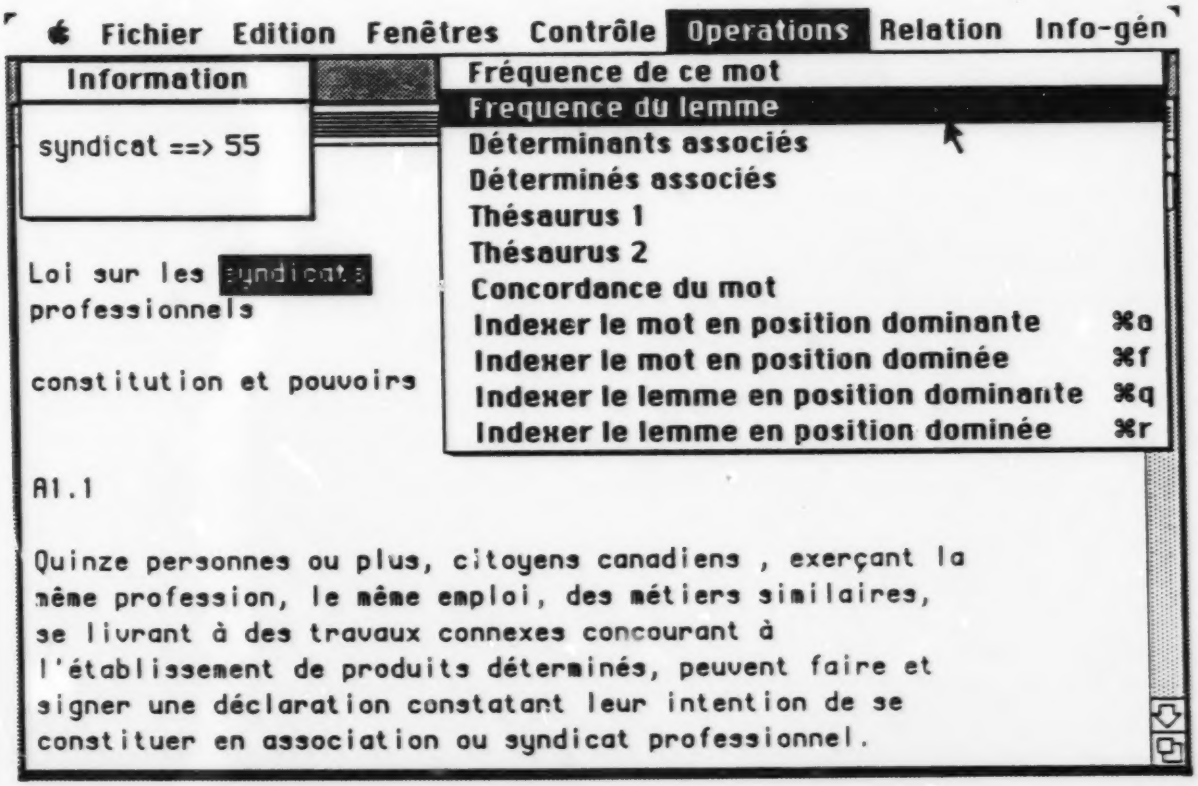
Nous illustrerons à partir du même texte (la loi S-40 au sujet des syndicats) une application sur l'assistance à la construction d'index. Un thésaurus se construirait un peu de la même façon mais avec une accumulation des résultats pour plusieurs textes.

Contrairement aux illustrations précédentes, l'exemple qui suit sur l'indexation n'est pas une fiction mais a déjà entièrement été programmé en Déredec sur un ordinateur Macintosh.

A la base, l'usager se trouve devant le texte à indexer, dans une fenêtre d'édition, il peut se promener dans le texte et le modifier si besoin il y a. La procédure de base consistera à noircir un mot avec la souris (double click sur un mot). L'usager peut activer, pour un mot noirci, différentes opérations que l'on divisera en deux classes, soit des requêtes d'information ou soit des opérations d'indexation proprement dites.

On pourra connaître pour un mot noirci sa fréquence absolue dans le texte ou encore la fréquence du lemme qui lui est associé (la forme masculine singulier pour les noms et adjectifs, l'infinitif pour les verbes) (voir schéma 9).

Schéma 9



On pourra aussi obtenir dans une nouvelle fenêtre les déterminants ou les déterminés qui lui sont associés dans l'ensemble du texte. Nous parlons ici de détermination nominale. Dans le segment "la grande maison", "maison" est déterminé et "grande" est déterminant (voir schémas 10 et 11).

Schéma 10

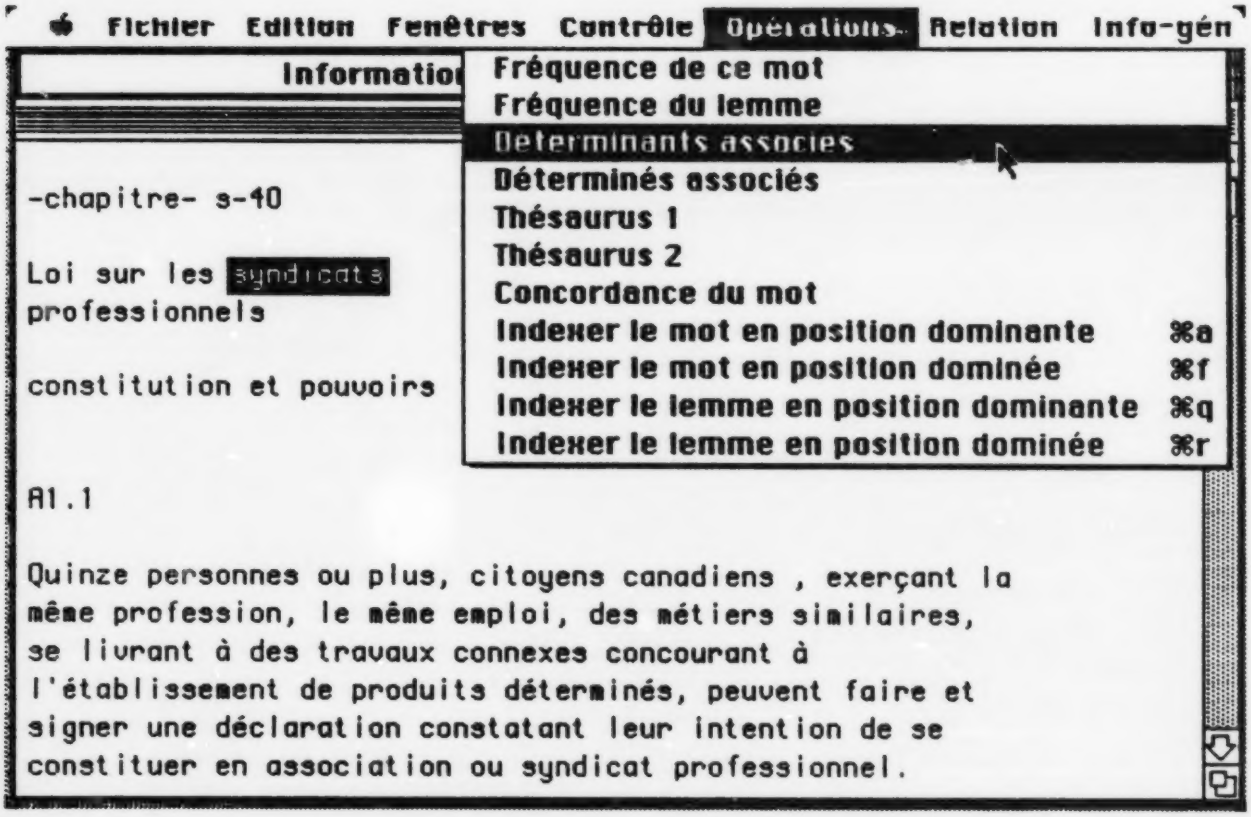


Schéma 11

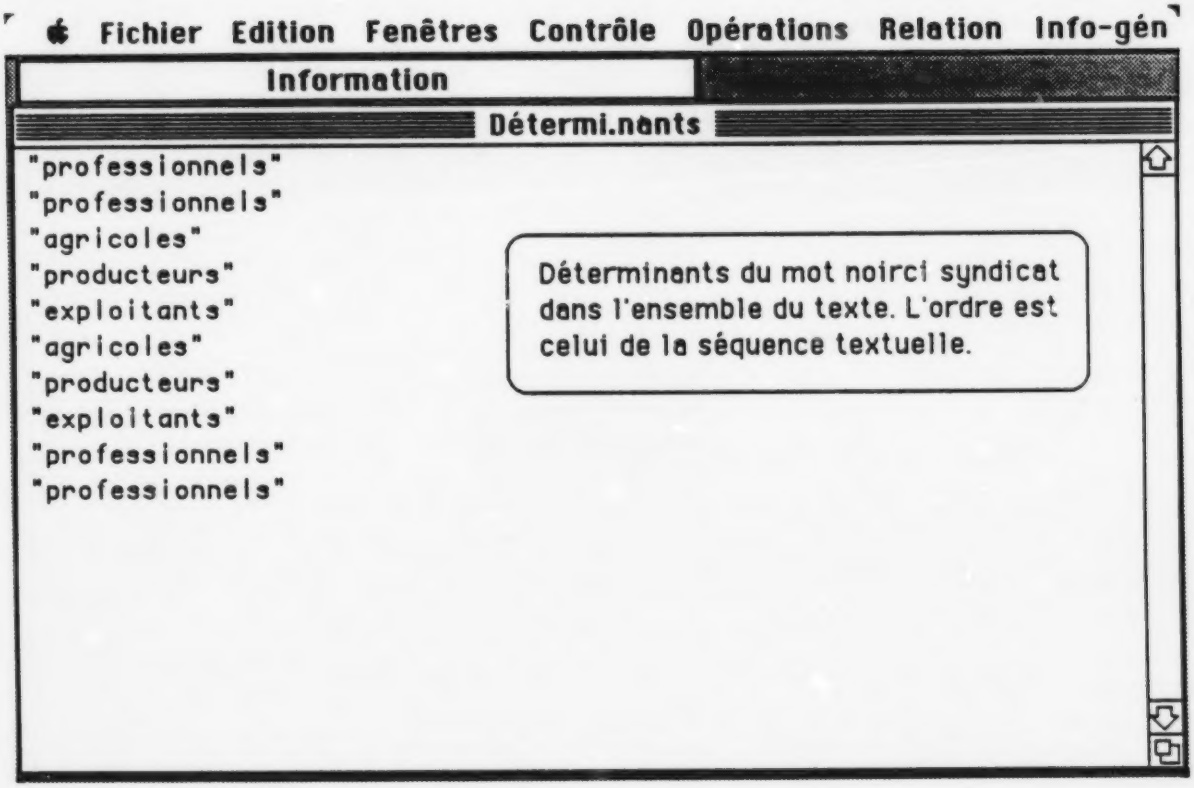
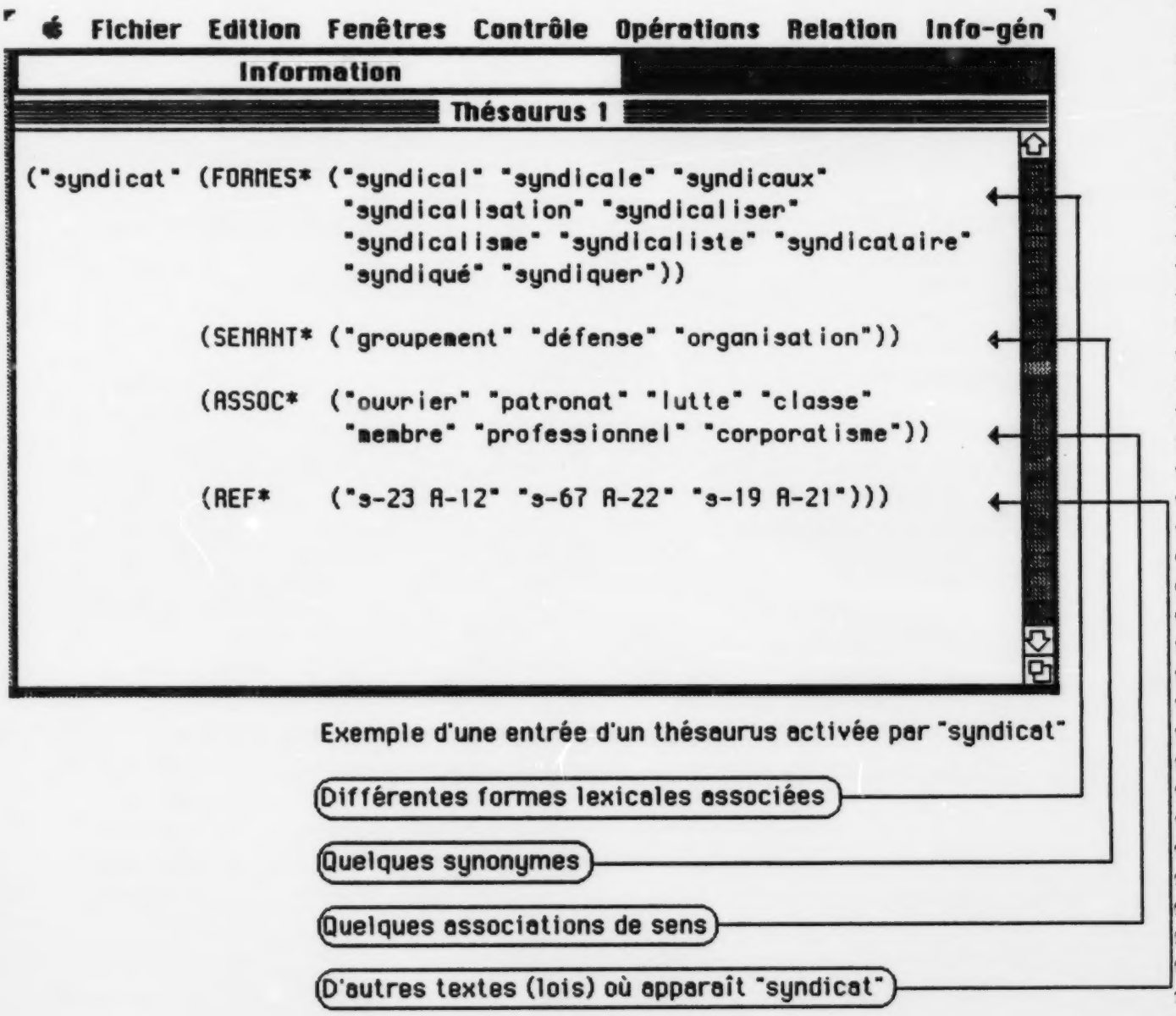

Fichier Edition Fenêtres Contrôle Opérations Relation Info-gén
Information
Détermi.nants
"professionnels"
"professionnels"
"agricoles"
"producteurs"
"exploitants"
"agricoles"
"producteurs"
"exploitants"
"professionnels"
"professionnels"
Déterminants du mot noirci syndicat dans l'ensemble du texte. L'ordre est celui de la séquence textuelle.

Schéma 12


Fichier Edition Fenêtres Contrôle Opérations Relation Info-gén
Information
Thésaurus 1
("syndicat" (FORMES* ("syndical" "syndicale" "syndicaux"
"syndicalisation" "syndicaliser"
"syndicalisme" "syndicaliste" "syndicataire"
"syndiqué" "syndiquer"))
(SEMANT* ("groupement" "défense" "organisation"))
(ASSOC* ("ouvrier" "patronat" "lutte" "classe"
"membre" "professionnel" "corporatisme"))
(REF* ("s-23 A-12" "s-67 A-22" "s-19 A-21")))
Exemple d'une entrée d'un thésaurus activée par "syndicat"
Différentes formes lexicales associées
Quelques synonymes
Quelques associations de sens
D'autres textes (lois) où apparaît "syndicat"

Il sera aussi possible de rassembler dans une nouvelle fenêtre les segments du texte où apparaît le mot noirci (ce que l'on appelle une concordance de ce mot). Ce qu'il est important de noter c'est que toutes ces requêtes d'information ouvrent des fenêtres qui sont du même type que la fenêtre du point de départ contenant le texte à indexer. Les opérations d'indexation peuvent s'y effectuer comme dans la fenêtre de départ (voir schéma 13).

L'indexation proprement dite consiste à noircir un mot puis à le déposer ou à déposer son lemme dans l'index-courant.

Un index peut aussi être simplement constitué d'une liste de mots ou de lemmes. Toutefois il est aussi possible de déposer des relations entre les éléments (lexèmes ou lemmes) déposés dans l'index. Nous avons imaginé deux relations mais rien n'empêche de multiplier leur nombre.

Ces relations sont orientées, c'est-à-dire qu'il y a un élément dominant et un élément dominé. Aussi, si la relation chaîne est activée et si le lemme de "syndicats" est déposé par l'opération Ctrl Q qui exécute : "déposer le lemme en position dominante", et le lemme de "professionnels" est déposé par Ctrl R qui exécute : "déposer le lemme en position dominée". On aura dans l'index, la structure

("syndicat" (chaîne ("professionnel"))).

Si tout de suite après on active la relation Equi* et que l'on dépose par Ctrl R le lemme de "métiers" on aura dans l'index-courant la représentation :

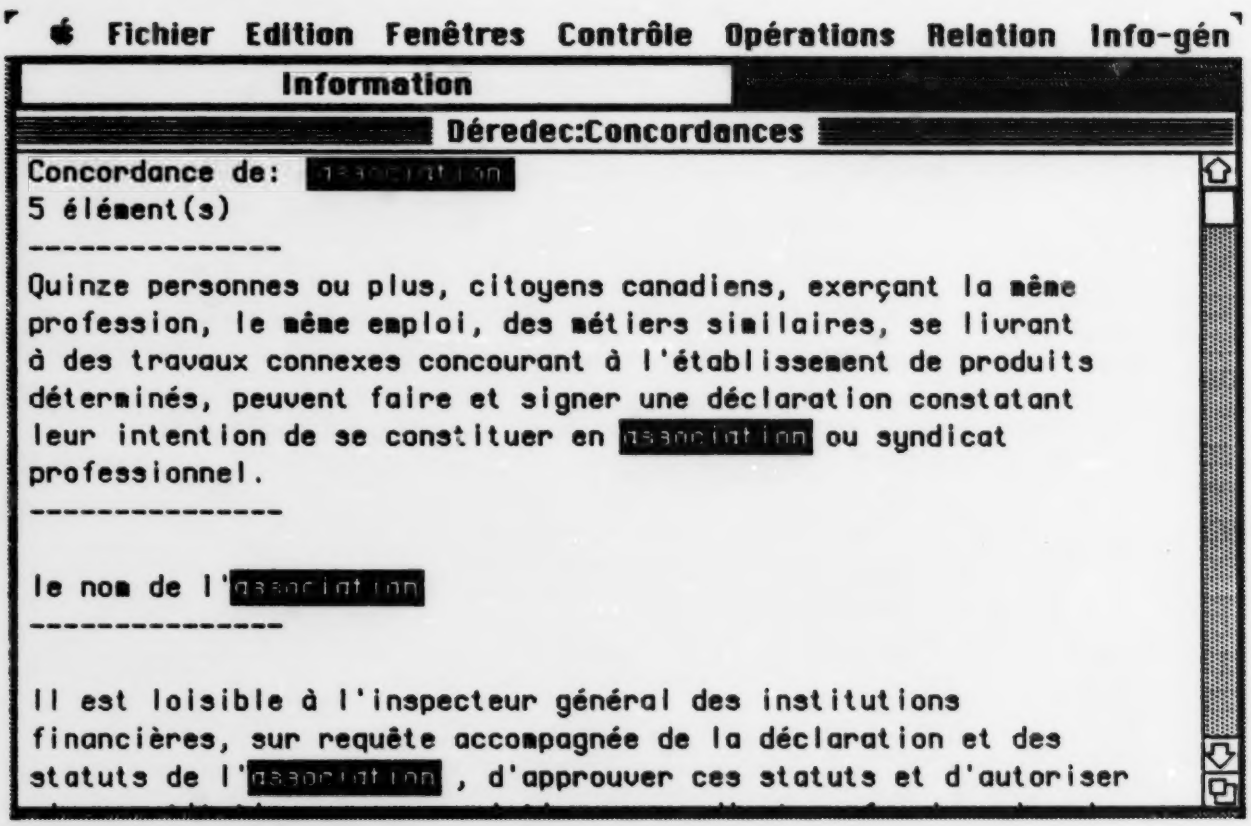
("syndicat" (chaîne* (("professionnel" "métier")))).

Ainsi Equi* regroupe dans une même liste (dite d'équivalence) les éléments dominants et dominés (professionnel et métier). De plus, on aura compris que si deux opérations consécutives utilisent l'insertion en mode dominé le dernier mot dominé devient automatiquement dominant pour le mot suivant.

Les deux schémas suivants illustrent la construction d'une indexation chaînée.

Il y a incidemment plusieurs façons de construire une telle structure puisque l'on peut à partir d'un élément dominé poursuivre la composition vers le haut ou vers le bas (voir schémas 14 et 15).

Schéma 13



L'usager du progiciel active "association" dans sa fenêtre d'édition, puis sous Opérations demande une concordance. Les cinq segments contenant "association" lui seront présentés dans une nouvelle fenêtre.

Plusieurs concordances peuvent aller se déposer à la suite les unes des autres dans cette même fenêtre où toutes les opérations de base de la fenêtre de départ peuvent être entreprises.

Schéma 14

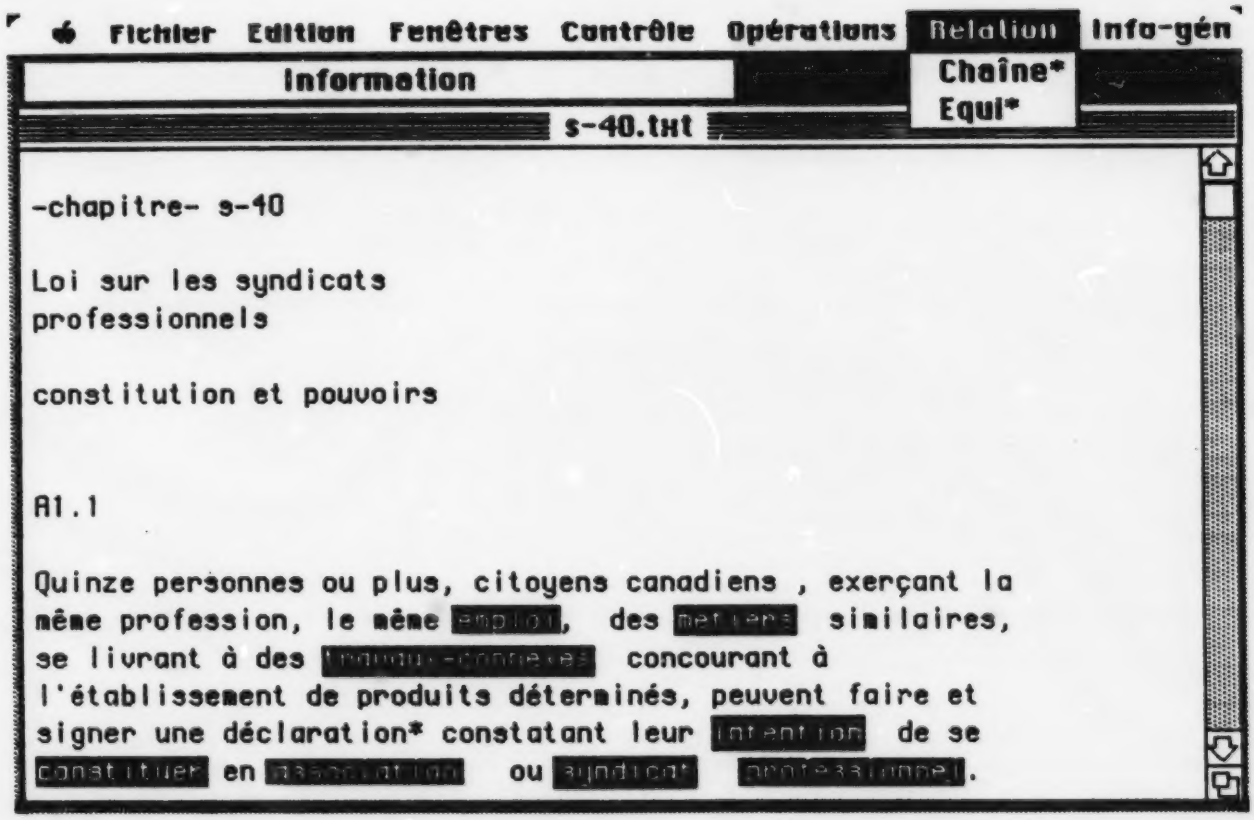
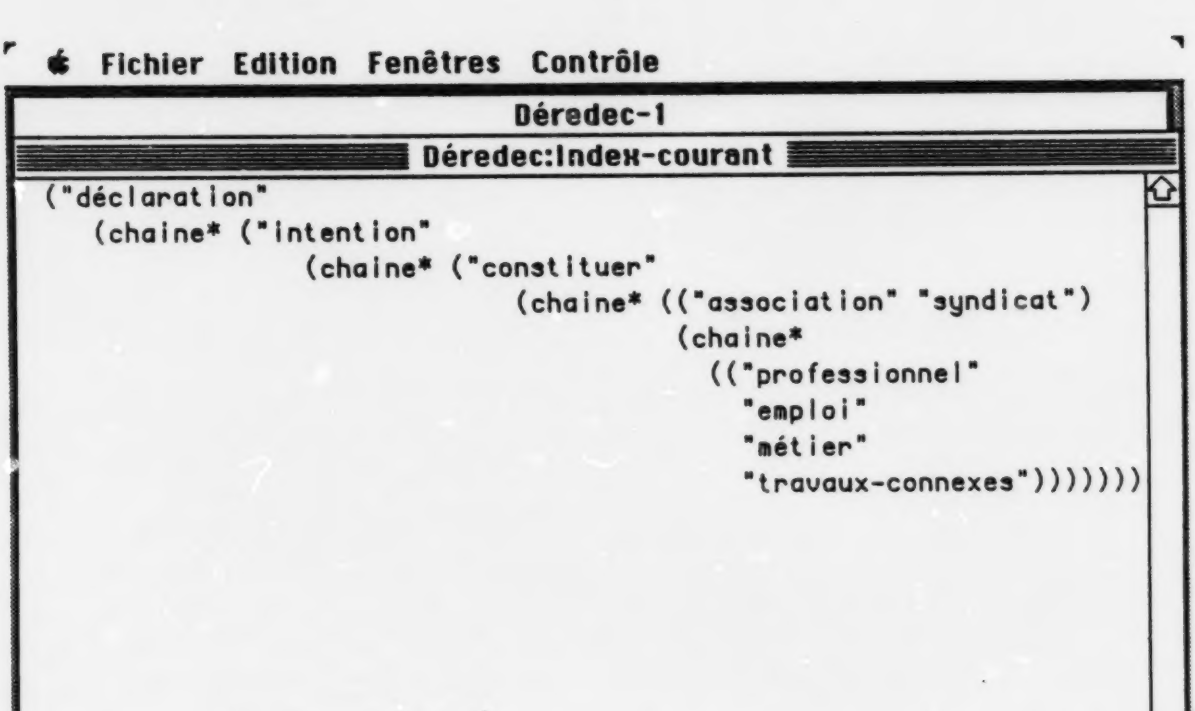

Fichier Edition Fenêtres Contrôle Opérations Relation Info-gén
Information
Chaîne*
Equi*
s-40.txt
-chapitre- s-40
Loi sur les syndicats
professionnels
constitution et pouvoirs
A1.1
Quinze personnes ou plus, citoyens canadiens , exerçant la même profession, le même emploi, des metiers similaires, se livrant à des travaux connexes concourant à l'établissement de produits déterminés, peuvent faire et signer une déclaration* constatant leur intention de se constituer en association ou syndicat professionnel.

Schéma 15



Notre indexeur rend aussi disponible des informations générales sur le texte, tel le niveau de lisibilité (indices déjà commentés ci-haut), le résultat de l'algorithme **DENSITE** (aussi exposé ci-haut), des statistiques générales sur la redondance ainsi que des listes d'observations sur les fréquences. Il peut d'ailleurs être utile dans un exercice d'indexation de prendre cette liste de fréquences comme point de départ (voir schémas 16, 17 et 18).

Schéma 16

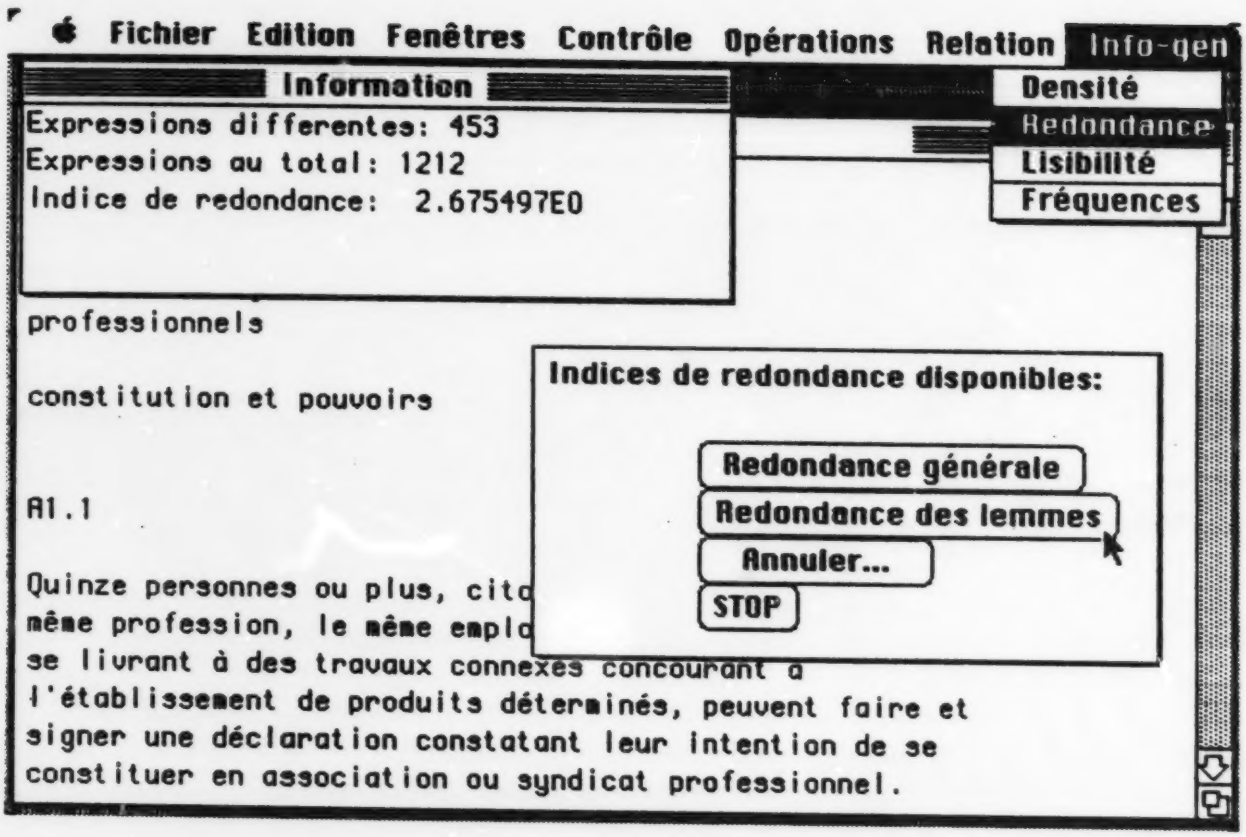

Fichier Edition Fenêtres Contrôle Opérations Relation Info-gen
Information
Expressions differentes: 453
Expressions au total: 1212
Indice de redondance: 2.675497E0
Densité
Redondance
Lisibilité
Fréquences
professionnels
constitution et pouvoirs
A1.1
Quinze personnes ou plus, cito
même profession, le même emplo
se livrant à des travaux connexes concourant à
l'établissement de produits déterminés, peuvent faire et
signer une déclaration constatant leur intention de se
constituer en association ou syndicat professionnel.
Indices de redondance disponibles:
Redondance générale
Redondance des lemmes
Annuler...
STOP

Schéma 17

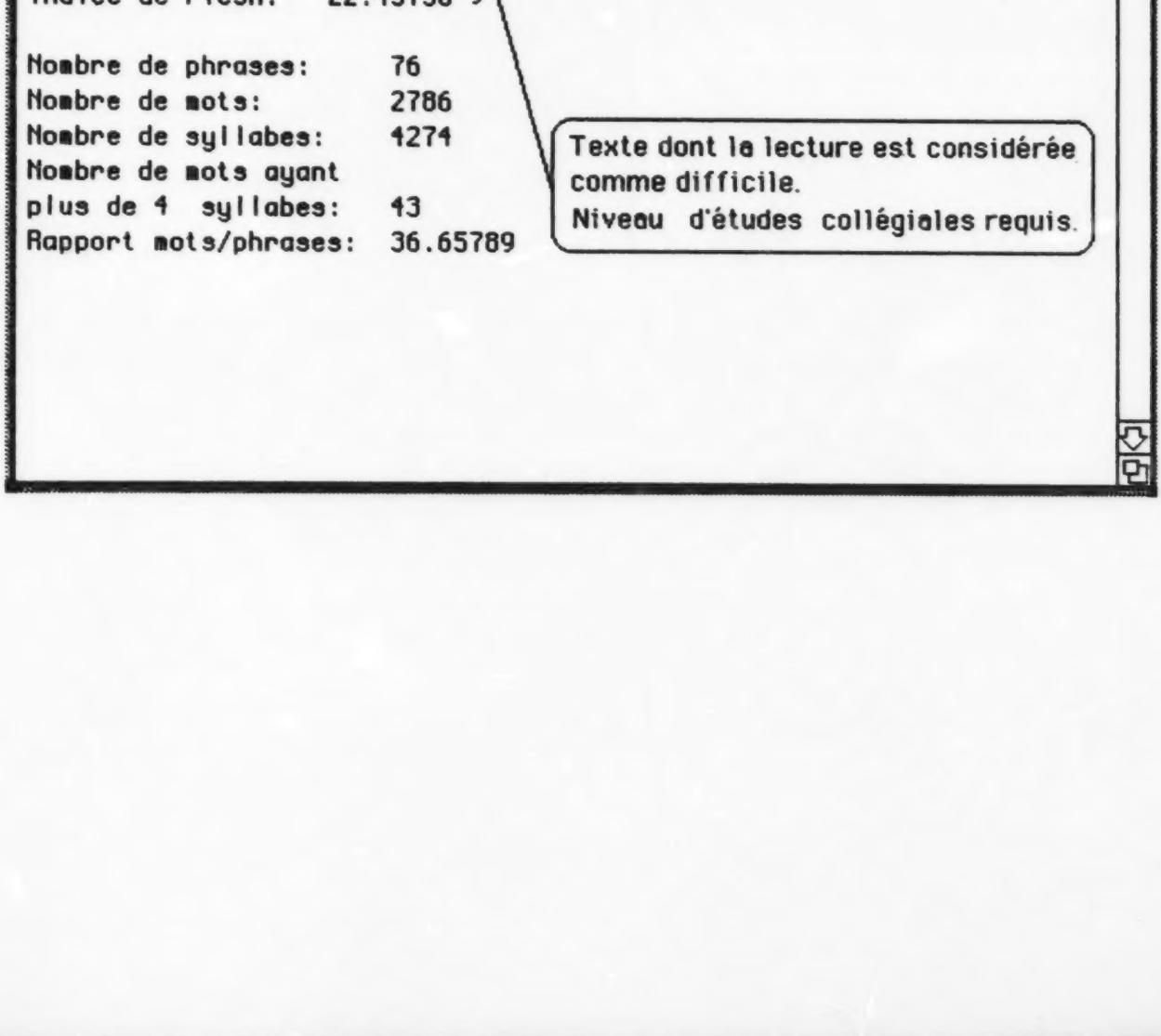
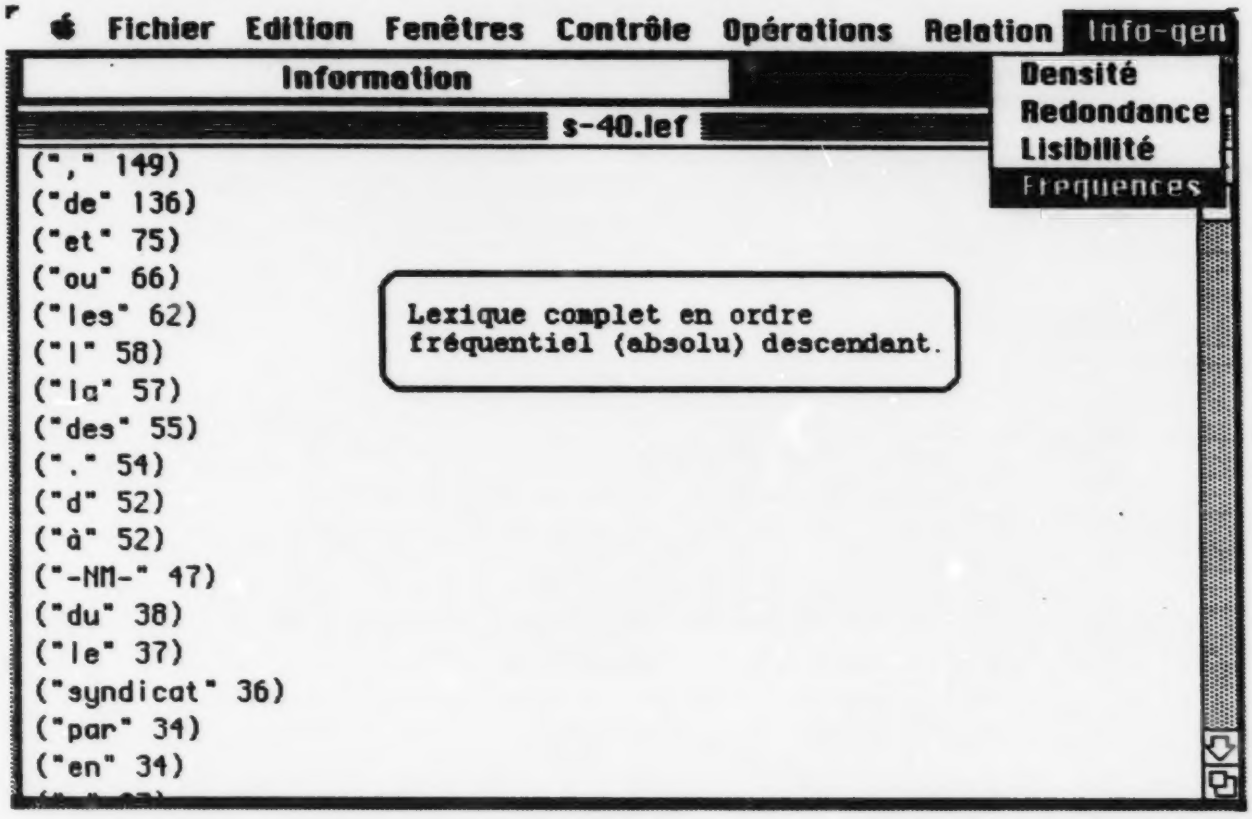
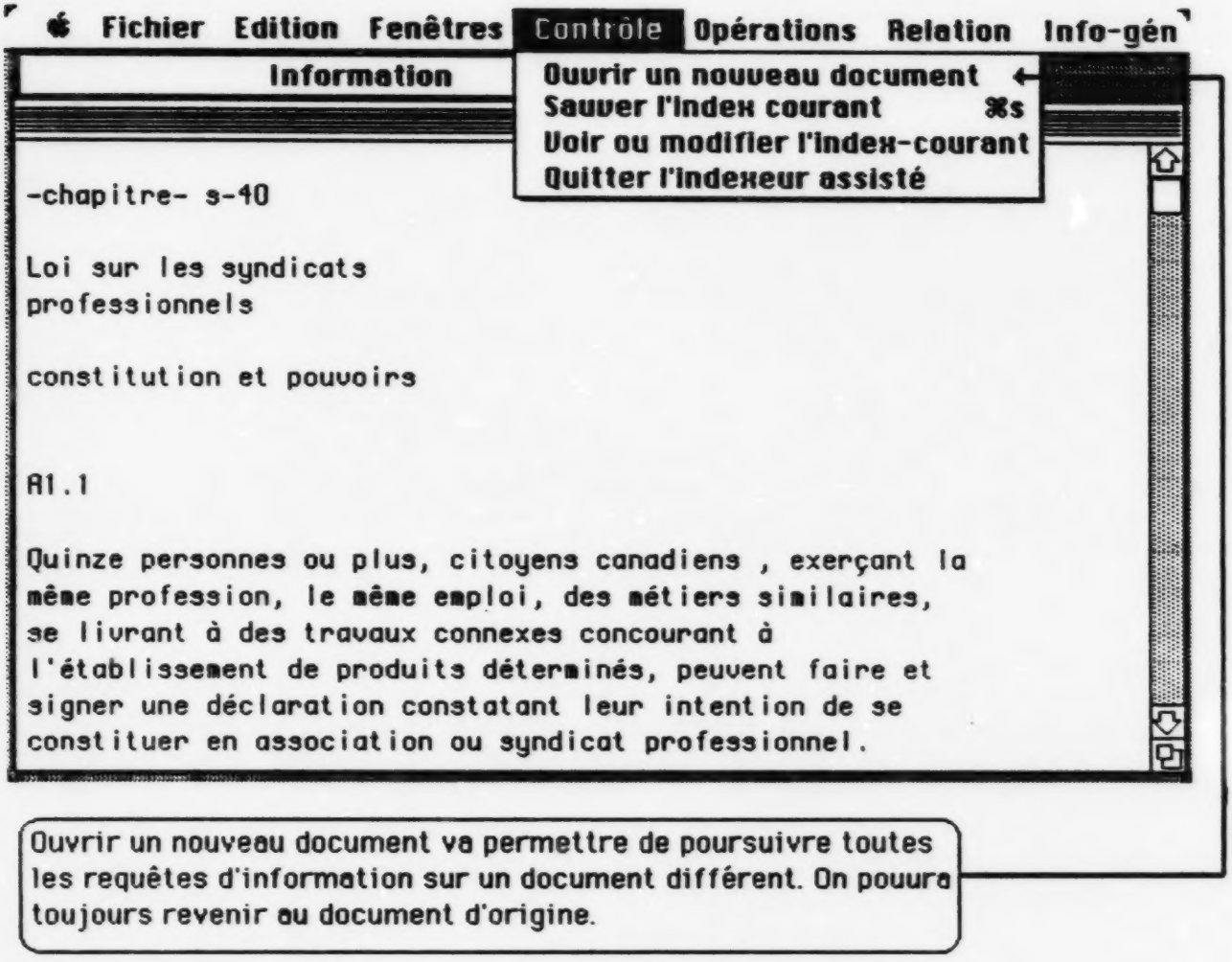

Fichier Edition Fenêtres Contrôle Opérations Relation Info-gén
Information
Densité
Redondance
Lisibilité
Fréquences
s-40.lis
Texte analysé: s-40
Indice de Gunning: 15.28053
Indice de Flesh: 22.43158
Nombre de phrases: 76
Nombre de mots: 2786
Nombre de syllabes: 4274
Nombre de mots ayant plus de 4 syllabes: 43
Rapport mots/phrases: 36.65789
Texte dont la lecture est considérée comme difficile.
Niveau d'études collégiales requis.

Schéma 18



Enfin différentes fonctions de contrôle complètent l'environnement de l'indexeur (voir schéma 19).

Schéma 19

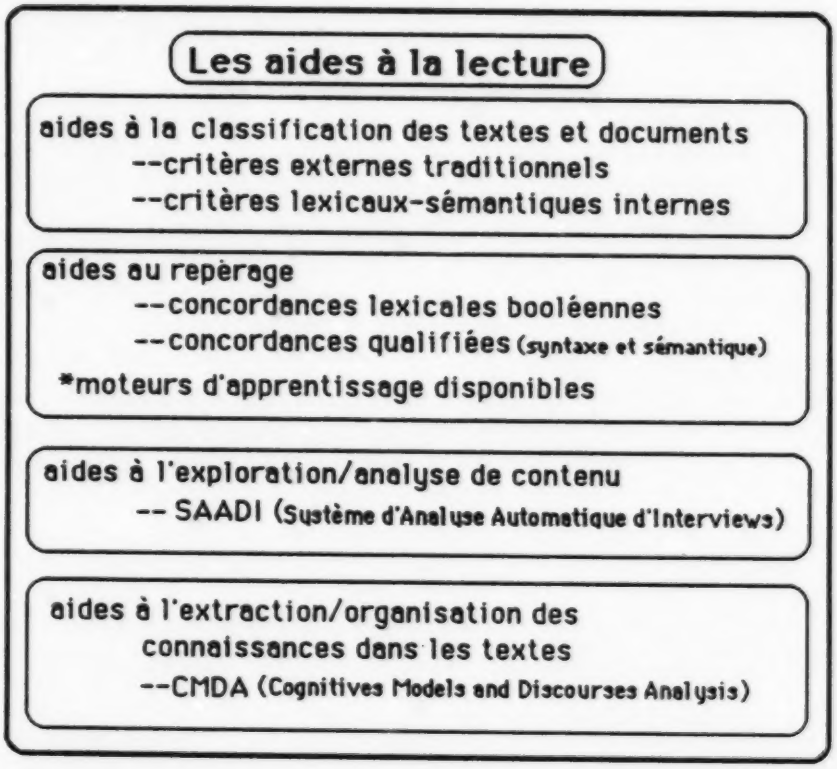


Ouvrir un nouveau document va permettre de poursuivre toutes les requêtes d'information sur un document différent. On pouura toujours revenir au document d'origine.

7. Les aides à la lecture

Nous distinguerons quatre grands types d'aides à la lecture, tel que l'illustre le schéma 20.

Schéma 20

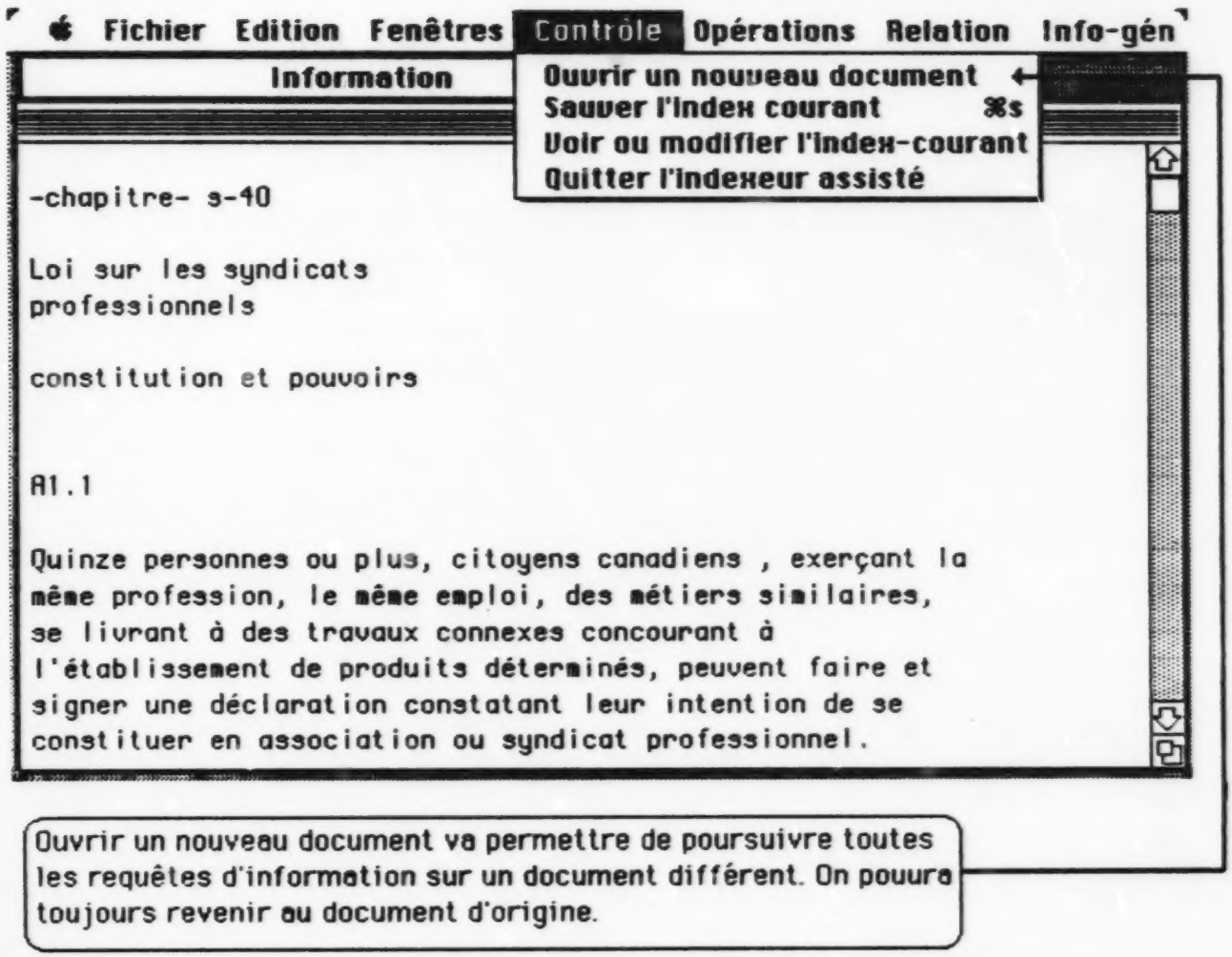


La description linguistique des textes permet d'ajouter au niveau de la classification des textes et documents de nouveaux critères à côté des critères externes déjà utilisés.

Nous appelons externes, les critères tels le type de document (lettre, rapport, mémoire, etc.), le volume, la date de création, la date d'archivage. Les critères internes seront surtout lexicaux-sémantiques :

- toutes les lettres expédiées à M. Untel;
- tous les rapports mentionnant tel ministère;
- tous les documents traitant de tel ou tel sujet en terme de catégories sémantiques.

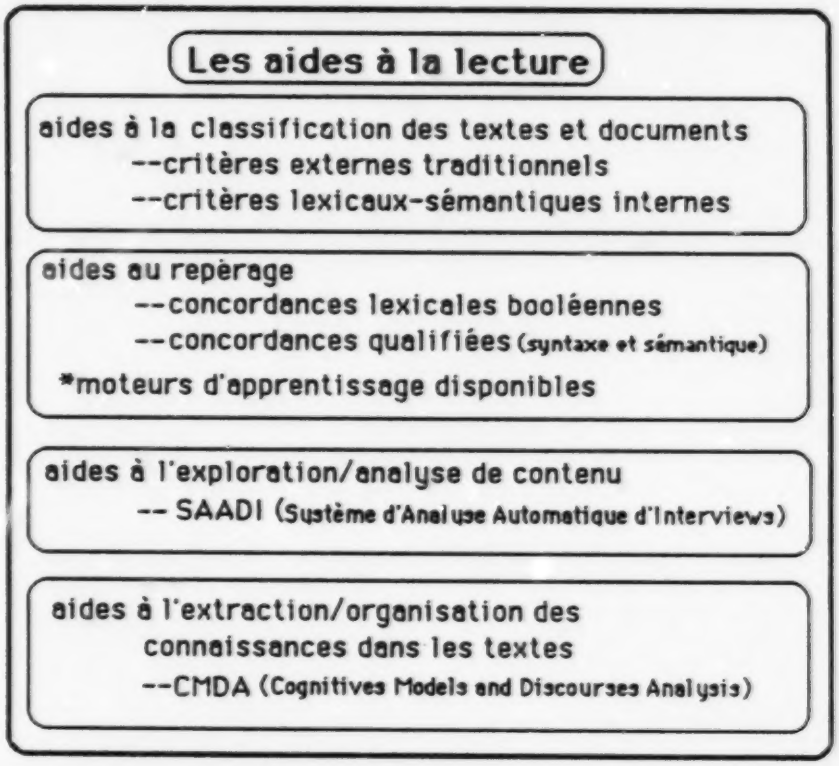
Schéma 19


Fichier Edition Fenêtres Contrôle Opérations Relation Info-gén
Information
Ouvrir un nouveau document
Sauver l'index courant ⌘s
Voir ou modifier l'index-courant
Quitter l'indexeur assisté
-chapitre- s-40
Loi sur les syndicats professionnels
constitution et pouvoirs
A1.1
Quinze personnes ou plus, citoyens canadiens , exerçant la même profession, le même emploi, des métiers similaires, se livrant à des travaux connexes concourant à l'établissement de produits déterminés, peuvent faire et signer une déclaration constatant leur intention de se constituer en association ou syndicat professionnel.
Ouvrir un nouveau document va permettre de poursuivre toutes les requêtes d'information sur un document différent. On pouura toujours revenir au document d'origine.

7. Les aides à la lecture

Nous distinguerons quatre grands types d'aides à la lecture, tel que l'illustre le schéma 20.

Schéma 20



La description linguistique des textes permet d'ajouter au niveau de la classification des textes et documents de nouveaux critères à côté des critères externes déjà utilisés.

Nous appelons externes, les critères tels le type de document (lettre, rapport, mémoire, etc.), le volume, la date de création, la date d'archivage. Les critères internes seront surtout lexicaux-sémantiques :

- toutes les lettres expédiées à M. Untel;
- tous les rapports mentionnant tel ministère;
- tous les documents traitant de tel ou tel sujet en terme de catégories sémantiques.

Nous opposons dans le schéma 20 les aides au repérage et les aides à l'exploration/analyse de contenu. Il s'agit dans le premier cas de dépister/isoler un texte au sein d'un corpus ou encore un segment donné dans un texte, et cela, avec le moins de bruit possible, c'est-à-dire avec la meilleure précision.

Cette démarche nous apparaît différente de celle qui consiste à appliquer sur un texte ou un corpus de textes un programme d'analyse de contenu dont on ne sait pas à l'avance ce qu'il rapportera exactement. Il s'agit ici d'une grille de lecture particulière ayant en quelque sorte fait ses preuves sur une série de textes et dont on désire voir les résultats pour un texte donné.

Nous distinguons deux types d'aides au repérage : les concordances lexicales avec opérations booléennes qui permettent de rapporter les segments d'un texte qui contiendront tel et/ou tel lexème, et les concordances qualifiées à la description linguistique préalable.

Ici les contraintes lexicales voisinent donc avec des contraintes grammaticales telles la lemmatisation et la catégorisation morpho-syntaxique. Il sera par là possible de repérer par exemple les segments d'un texte contenant tel et/ou tel lemme (ou lexème) catégorisé de telle ou telle façon sémantiquement et jouant tel ou tel rôle syntaxique dans la phrase.

De plus les segments dépistés pourront eux aussi être sensibles à la description linguistique. On préférera le repérage, par exemple, des propositions à celui des phrases comme segments cibles.

Nous donnerons comme exemple d'aides à l'exploration/analyse de contenu un bref exposé du système **SAADI** (Systèmes d'Analyse Automatique d'Interviews), développé par des collaborateurs du Centre d'ATO, Alain Lecomte et Catherine Péquégnat.

8. Systèmes d'Analyse Automatique d'Interviews (SAADI)

L'une des demandes les plus fréquemment formulées de la part des sociologues, psychologues et autres spécialistes de Sciences Humaines concerne l'emploi d'outils destinés à décrire et explorer un matériel verbal recueilli généralement au terme d'une enquête ou d'une série d'interviews.

Il est bien connu que, dans ce type de problème, les méthodes couramment développées en provenance de la statistique ou de l'analyse des données sont peu pertinentes. Le matériau recueilli se présente en effet sous la forme de séquences linguistiquement structurées, à la différence de réponses à des questions fermées qui peuvent donner lieu à un codage et un traitement quantitatifs. Pour donner un exemple : la notion de significativité n'est pas du tout la même dans les deux cas. Statistiquement parlant, une valeur prise par une variable peut être significative à cause d'un écart testable par rapport à une norme (distribution de probabilité due au hasard ...).

Dans un corpus linguistique, une "valeur" n'est d'abord pas isolable des autres "valeurs" avec lesquelles elle fait système. Il est ensuite difficile voire impossible de la ramener à une norme. La diversité des formes d'expression, du lexique, des structures grammaticales est telle qu'on ne saurait fixer a priori une grille rendant compte exhaustivement d'un ensemble de réponses à des questions ouvertes. L'analyse de contenu classique repose bien sur la conception d'une telle grille mais toute grille est arbitraire, liée à un codeur et, à la limite, élément elle-même à interroger, à suspecter, dans le champ d'enquête. Un mot peut être aussi significatif qu'une phrase. Une unité qui n'apparaît qu'une fois peut être plus significative qu'un item qui se répète souvent. La significativité peut être même perçue dans l'absence: absence d'un mot là où on l'attendait, silence sur un thème introduit dans la question.

Le système **SAADI** tente d'aborder ces problèmes en partant de l'hypothèse que toute réponse à une question est argumentée et que la structure de cette argumentation est à saisir dans le lien dialectique entre question et réponse.

9. Les aides à l'extraction/organisation des connaissances

On peut imaginer des grammaires Déredec consacrées à l'assistance pour l'extraction et l'organisation des connaissances contenues dans un texte. Ces grammaires sont en quelque sorte des systèmes-experts qui planifient des séances d'interrogation auprès d'un usager ayant accès à la lecture d'un texte. Le système pose les questions pertinentes pour construire une représentation logico-sémantique de l'univers textuel. Par la suite, cette représentation pourra servir d'entrée à d'autres sytèmes d'analyse.

Une collaboration entre le Centre d'ATO et le Centre d'études cognitives et ethnographiques de l'Université McGill rend possible actuellement la mise au point d'une telle grammaire appelée **CODA** (Computer-assisted cOgnitive Discourse Analysis.

On peut imaginer plusieurs missions pour des grammaires extractives de ce type. Cela pourrait aussi être une forme souhaitable pour la mise au point de didacticiels sur l'enseignement de l'analyse textuelle et plus généralement de la linguistique. C'est que les grammaires extractives peuvent porter sur tous les niveaux de fonctionnement du texte. De plus, les réponses de l'usager peuvent être balisées et chaque étape peut être accompagnée de fonctions d'aide.

DÉBAT

Remarques sur la transcription du débat: la transcription du débat est fidèle dans l'ensemble à l'enregistrement. Cependant, parce que certaines portions étaient inaudibles, il a parfois fallu aménager certaines parties. De plus, certaines répétitions, hésitations, certains faux-départs, etc. ont été éliminés, de même que certains anglicismes ont été francisés. Enfin, une bonne partie des remarques humoristiques n'ont pas été reprises parce qu'incompréhensibles hors de leur contexte. Cette opération de transcription a été effectuée par Richard Parent.

Michèle Guay

Ce qu'on avait prévu pour la dernière partie de la journée, c'est un débat, des échanges. Mais avant de passer au débat comme tel, une personne-ressource du Centre, Paul Hébert, qui va, comme je vous l'ai dit ce matin, un peu renouer les fils, c'est-à-dire tenter de faire ressortir certaines idées maîtresses et certaines orientations peut-être plus commerciales. Quand Paul aura fait son intervention, ça me fera plaisir d'animer, en distribuant les tours de paroles, et on pourra à ce moment-là faire le débat sur ce que Paul aura amené et sur toutes les interventions qu'on a eues aujourd'hui.

Paul Hébert, directeur des technologies avancées, Centre canadien de recherche sur l'informatisation du travail.

Après avoir écouté toutes vos présentations, il ne me reste rien à dire. Mai il y a peut-être certains points que j'aimerais soulever, certaines impressions que j'aimerais vous communiquer pour stimuler un peu la discussion.

J'aimerais parler du marché pour les produits en intelligence artificielle parce que, paraît-il il y en a un, et il va y en avoir un plus gros. Je vais parler de la scène internationale, et par rapport à ce contexte ce que sont à mon avis les critères de succès pour un pays, pas pour un projet mais sur un plan plus général. A partir de ces critères-là, j'aimerais faire le bilan canadien: comment est-ce qu'on se situe face à ces critères de succès? Finalement, quel est notre coût d'entrée dans le jeu international?

On reprend certains chiffres qu'on a vus plus tôt aujourd'hui. On sait qu'en 1983 il y avait un marché pour les produits en intelligence artificielle; il se situait aux alentours de 70 millions de dollars pour les États-Unis. Il se divisait entre le logiciel, l'équipement et les services. On prétend qu'en 1993 il y aura un marché de 8,7 milliards de dollars pour l'ensemble des produits en intelligence artificielle. Ce qui est intéressant c'est

qu'aujourd'hui une bonne partie de ces dépenses se font au niveau de la recherche et du développement et un petit peu dans les bureaux. Alors qu'en 1993, on prévoit qu'il y aura un déplacement vers le bureau d'abord, aussi dans les usines avec la robotique, et dans les maisons. On ne peut pas ignorer ça.

Or, il n'y a aucune garantie que le Canada va faire partie de cette action-là si on continue comme on fait aujourd'hui. Deuxièmement, il y a une bonne chance qu'on aide les autres pays à réaliser leurs objectifs de prendre une grosse partie du marché parce qu'on va devenir des consommateurs de leurs produits, et des fournisseurs de toute la matière intellectuelle qui va passer chez eux. On va acheter!

Aux États-Unis, il y a plusieurs centres de recherche qui dépensent des tonnes d'argent dans des projets d'intelligence artificielle. Mais le plus important, on en a entendu parler ce matin, c'est le projet DARPA, 600 millions de dollars en cinq ans sur divers sujets liés à la défense. Ils vont toucher à la reconnaissance de la forme, reconnaissance de la parole, compréhension de langages naturels, etc.

En Angleterre, il y a le fameux projet Alvey, qui a 350 millions de dollars, dont 200 millions du gouvernement et 150 millions du privé. C'est intéressant cette façon de faire qui ressort, cette notion de coopération. Le programme encourage les systèmes de gestion du savoir, notamment du côté matériel (processeurs en parallèles, VLSI). Il y a un savoir-faire qui se développe, beaucoup d'argent investi de façon proactive. Ce ne sont pas des petits projets de recherche dans les universités.

En Allemagne de l'Ouest, il y a un programme de cinq ans où le gouvernement injecte 6,6 milliards de marks allemands. Et l'industrie privée injecte 6 à 7 milliards de marks dans des projets en architecture parallèle, CAO/FAO, ingénierie du savoir, robotique.

Il ne faut pas ignorer le Japon: débuté en 1981, on parle d'un plan de 500 millions de dollars pour les dix prochaines années, pour des machines et logiciels de cinquième génération.

Regardons un peu la situation de capitaux de risque aux États-Unis. L'argent qui stimule la recherche! Durant les trois dernières années, les investisseurs ont injecté un centaine de millions de dollars dans une quarantaine de petites compagnies en intelligence artificielle. Il existe déjà 200 petites compagnies en intelligence artificielle aux Etats-Unis et une autre centaine est attendue d'ici la fin de 1987. Mais ce qui est encore plus inquiétant, ou enfin excitant si l'on veut, c'est qu'il y a 30 plans d'affaires déposés par semaine chez les investisseurs pour la création de nouvelles compagnies en intelligence artificielle. Et il y a de l'argent disponible. On voit grossir la vague, et elle s'en vient de ce côté-ci.

Si on regarde quelles entreprises sont impliquées parmi les "Fortune 500", qui a des laboratoire de recherche en intelligence artificielle, on reconnaît les noms, ce sont de gros joueurs. A peu près 5% de ces entreprises ont investi entre 10 et 20 millions de dollars en recherche en intelligence artificielle.

Ressources humaines: il y a pénurie de professionnels, il y a 200 à 300 docteurs en intelligence artificielle aux Etats-Unis. Je ne sais pas combien il y en a au Canada, mais je pense qu'on peut les compter sur les 10 doigts. Le nombre de Ph. D accordés par année aux Etats-Unis est de 1 000 en mathématique, 300 en informatique, et à peu près 30 en intelligence artificielle.

Par contre, au niveau du besoin, il y a un besoin de 8 000 professionnels en intelligence artificielle aujourd'hui. Il y a un marché pour ça. Et un besoin de 50 000 professionnels en 1993. Ça c'est aux Etats-Unis, là où est la compétition et l'action. Avec des salaires élevés: 70 000 $ US pour un Ph. D., les professeurs universitaires consultent pour 1 200 $ par jour comme experts-conseils.

Si on regarde les critères de succès dans les autres pays, il y en a quatre:

- l'un est une politique nationale ou stratégique pour la stimulation d'un secteur industriel.

- le deuxième, c'est la disponibilité de capitaux de risque, parce que les petites entreprises en ont besoin pour commencer... sans trop durer non plus.

- pour aller plus loin, ça prend des projets-moteurs, des projets moteurs avec un but industriel, pas un but gouvernemental, un but où l'industrie dit: "J'm'en vais dans ce secteur-là du marché, et j'ai besoin de tant de ressources pour le faire. Aux Etat-Unis, l'exploration spatiale est un projet-moteur, et il y en a d'autres. Il faut quand même un focus national pour pouvoir attirer les capitaux vers l'industrie pour faire ces projets.

- et finalement ça prend un marché. Il a été identifié, à plus de 8 milliards en 1993. Il faut regarder ça aujourd'hui et se demander comment on va aller le chercher.

J'vais faire le bilan canadien. On n'a pas de politique nationale ou de stratégie nationale dans le domaine de l'intelligence artificielle ou dans le domaine des systèmes experts. Il serait temps que l'on commence à en parler. On n'a pas de gros projet-moteur. On a un paquet de petits projets, on n'a pas de masse critique dans les choses qu'on fait. Ça prend un certain niveau! Pour développer un système expert, ça prend des millions de dollars.

Mon budget ici n'est que de trois cents mille dollars sur trois ou quatre projets. Je travaille avec l'industrie, je dois aller chercher des leviers industriels pour pouvoir amplifier cette somme d'argent.

Des capitaux de risque? Ce ne sont pas toutes les compagnies qui peuvent avoir accès à la Bourse de Montréal. La culture canadienne n'est pas une culture d'aventuriers, de preneurs de risques, de gens qui veulent investir dans de petites compagnies canadiennes. Ça ne fait pas partie de notre culture. On préfère enrichir les grosses compagnies comme la Banque Nationale, la Banque Royale.

Par contre, si on regarde le marché, le Canada représente quand même 10% des chiffres américains déjà mentionnés. On sera consommateurs à un certain moment de tout ce qui est produit en intelligence artificielle. On ne peut pas l'ignorer.

Alors j'aimerais proposer des en-têtes de solutions à ce problème-là et je vais vous laisser compléter. Je crois que ça prend une politique "nationale", ou en tout cas une politique stratégique. C'est pas nécessairement une politique élaborée par le gouvernement.

Je favorise la création d'une masse critique, qui regroupe les universitaires et les industries, mais à partir de projets-moteurs qui sont dans l'industrie, à partir de vrais projets qui ont tous les signes de s'orienter vers un marché défini.

Une politique qui favorise des actions structurantes, c'est-à-dire la formation d'un consortium pour aider à la mise en marché de nos produits. On commence petit à petit à faire des choses comme ça, mais il faut une politique pour pouvoir le faire avec une certaine rigueur.

Il faut également des moteurs industriels, des gros projets où le gouvernement et l'industrie sont prêts à investir leur argent pour attirer les universitaires et les industries ensemble afin de focaliser les buts et les efforts.

Alors, ce que je propose est assez simple, et j'aimerais entendre vos opinions là-dessus.

Quelqu'un

On est bien d'accord. Quand est-ce que le gouvernement commence?

Paul Hébert

Je pense que le gouvernement répond très bien aux pressions de l'industrie, mais ça prend une masse d'industries pour qu'il réponde. Ce n'est pas que chaque compagnie vienne demander de l'aide qui peut être efficace. Il faut que l'industrie s'organise avant de pouvoir faire pression sur le gouvernement.

Jacques Delorme

Je suis président d'une petite compagnie, et justement je représente plusieurs petites entreprises québécoises qui ont le sens de l'entrepreneurship, qui ont le sens du risque, et qui proposent une foule de projets. Mai par contre, compte tenu de l'ampleur de l'investissement qui est requis dans ce domaine, on arrive à un échec et mat très souvent. Et dans la majorité des cas, les petits entrepreneurs ont à financer toute leur infrastructure. Ils n'ont pas le privilège d'être dans un environnement d'universitaires, ils n'ont pas le privilège d'être appuyés par des grosses organisations bien structurées financièrement et organisationnellement. Mais par contre, ils ont en majorité de très bonnes idées et bien sûr je suis d'accord avec les éléments de solution avancés tantôt. On a besoin d'un effort de concertation parmi les petites entreprises, mais par contre on a besoin de gros projets pour pouvoir travailler en collaboration. Il y a une certaine activité qui existe présentement pour essayer de réunir des entreprises à Montréal dans un consortium. C'est en marche, mais il n'y a pas de gros projet qui va pouvoir nous diriger et nous donner l'infrastructure financière pour justement nous permettre d'avoir un succès qu'on veut atteindre.

Paul Hébert

Si je peux répondre à cette intervention-là, le Centre aimerait assumer un certain leadership là-dedans. Pour le faire, il faut qu'on établisse chez nous une certaine crédibilité vis-à-vis le gouvernement. Pour l'obtenir, il faut qu'on marche d'abord à quatre pattes, ensuite à deux pattes. Pour marcher à quatre pattes, il faut qu'on prouve qu'on est capable de fonctionner en "partnership" avec des petites compagnies à l'extérieur. Et ce qu'on tente de faire avec des budgets assez modestes, c'est d'identifier des projets où l'on peut travailler de cette façon.

Richard Parent

Je suggèrerais qu'on ramène la discussion un peu plus près du contenu des présentations qui ont été faites aujourd'hui, qu'on discute du potentiel de marché par rapport à des méthodologies ou des domaines d'applications.

André Poitras

Je pourrais essayer de répondre une chose. J'ai vécu comme expertise au cours des 5 dernières années la consultation dans la région de Québec, pour y avoir été dans différentes entreprises. Ce qu'on a vécu en terme de culture je pense que c'est un problème, de 80 à 85 ont est passé de 125 conseillers, à quelque chose comme 600. C'est des firmes de consultation en même temps qui ont récupéré dans le fond ce qui se faisait à l'intérieur du gouvernement auparavant, et qu'on fait par contrat. Ce que je trouve génial

là-dedans, puis là ce n'est pas que j'en ai contre les fonctionnaires, pas du tout. Un fonctionnaire, par la mission de son organisme gouvernemental, c'est de développer quelque chose pour son organisme et d'en arrêter là. Une firme de consultation ou une entreprise privée ce qu'elle va avoir tendance à faire, c'est de développer son expertise. Lorsqu'elle a un contrat, elle a tendance à dire "Hé, est-ce qu'il y a un moyen de faire quelque chose et puis de le revendre ailleurs?" Ce qu'il y a de malheureux dans la région de Québec, je pense qu'il n'y a pas eu de grossisement des firmes, enfin de la puissance que pourraient atteindre certaines firmes pour investir en recherche. Il y a eu un morcellement, sauf exception comme DMR, CGI, et quelques-unes qui ont conservé leur personnel. Or il y a un morcellement. Donc, on a de la difficulté, je pense culturelle, à atteindre cette croissance des firmes. Se dire on reste ensemble! Ça s'explique plus dans la culture, plus dans les faits que par l'exploitation, ou une autre explication. Ça c'est un problème.

L'autre difficulté: j'en ai parlé un peu ce matin: à Soquem, il y a 10 ans, essayer l'améliorer les méthodes de travail des géologues, c'était génial, c'était en avance sur ce qui se faisait n'importe où ailleurs au Canada. Je suis allé voir Shell qui n'était pas aussi avancé que ce que nous faisions dans notre petit patelin à Québec. Alors, je pense qu'il y a un marché qui est énorme, puis quand on parle d'intelligence artificielle, ça va passer nécessairement par les systèmes experts. Mais ça va passer par les systèmes experts pour une raison à mon avis. C'est que les systèmes actuels, je m'excuse mais COBOL, quand on passe au travers et puis que l'on développe encore en COBOL, c'est long, c'est fastidieux. C'est la productivité du développement, c'est ça l'intelligence artificielle. Ou bien on y va et on demeure productif ou bien on n'y va pas puis on continue à descendre.

Il faut penser que le Canada est passé d'un des pays prospères à un pays moins prospère en l'espace d'une dizaine d'années. J'ai vécu en Algérie pendant un an, et je sais que les gens ici se battaient pour le domaine de la chaussure pendant que nous on installait des usines de chaussures en Algérie. Or, le coût de la main-d'oeuvre là-bas est ridicule. Le lendemain matin, on sort des chaussures au dizième du coût de ce qu'on avait ici. Or, il faut faire quelque chose. Maintenant, l'idée d'un créneau, il faut faire ça sinon on risque d'être battus. Quels sont les créneaux possibles? Moi, je pourrais vous répondre dans le domaine de l'aide à la décision. J'en ai vu beaucoup puis ça ne fait qu'améliorer les décisions des administrateurs et ça ne fait qu'améliorer la productivité des "boîtes". Et on peut le faire ça! j'ai essayé d'en vendre au Gouvernement du Québec. A certains niveaux on a essayé des choses risquées. La première réaction des gens c'est "on ne veut pas embarquer là-dedans" parce que c'est trop risqué, on ne sait pas dans quelle aventure on est." Puis quand on propose des approches, les gens ont de la difficulté, ils ont peur, ils ont vraiment peur. C'est le contexte que j'ai vécu jusqu'à maintenant, je ne dis pas que dans 6 mois ça ne changera

pas, mais les gens ont une crainte de se lancer dans des projets, même d'aide à la décision qui souvent pourraient faciliter... Là je parle du gouvernement, mais on va aller voir Vachon, Culinar, on va aller voir d'autres firmes, et le faire avec elles. Mais il s'agit vraiment de démarrer quelques projets comme ça. Si c'est le gouvernement qui donne de l'aide, j'aime mieux qu'il donne un contrat qu'une subvention. Je pense que c'est un bon moyen pour ensuite aller proposer notre expertise dans une entreprise privée, qui elle n'aura plus peur car l'expertise aura été créée. C'est ma vision des choses.

Ruddy Lelouche

Moi, je ne peux pas apporter une réponse à ces questions-là. Je représente un peu le domaine de la recherche universitaire. On a créé il n'y a pas longtemps, enfin c'est en cours d'institutionalisation, le GIRICO, pour Groupe interuniversitaire de recherche en informatique cognitive des organisations. Par rapport au problème de consensus et de masse critique, c'est un peu ce qu'on a voulu faire en ce qui concerne le domaine de la recherche. Ça regroupe deux chercheurs de l'Université Laval, des chercheurs de LUQAM, de l'Université de Sherbrooke et de l'administration centrale de l'université du Québec à Québec. On n'a pas de fric à donner, on serait plutôt consommateurs, mais en revanche, ce qu'on peut offrir c'est de travailler ensemble et c'est spécifiquement dirigé vers des organisations, c'est-à-dire, les apports que l'intelligence artificielle peut apporter aux organisations, que ce soit dans le domaine de la formation ou dans le domaine des interfaces intelligentes, etc. Par rapport au consensus national, je suis nouveau au Québec et donc je ne connais pas trop bien le Canada, mais, enfin par rapport au Québec il y a deux créneaux qui me semblent importants et où le Québec a peut-être, paradoxalement par rapport à ce que l'on disait tout à l'heure, où le Québec est en position de force. D'une part, c'est sa matière grise et je crois que c'est important. Je pense aux firmes d'ingénierie: qu'ils l'utilisent pour produire des choses qui seront exportées à l'extérieur, plutôt que d'exporter des idées qui seront récupérées ailleurs pour produire les choses! Le deuxième volet sur lequel on a un atout absolument énorme, c'est le fait français, c'est-à-dire on peut faire beaucoup de choses en formation en traitement de langue naturelle, en compréhension de textes, etc. en jouant sur la langue française. D'une part, parce que les Américains et les Japonais ne s'y intéressent pas, d'autre part parce que les Européens sont moins sensibilisés à la langue française que nous, parce qu'il n'y a pas la menace anglophone autant. Donc je pense que ça peut être des créneaux où on est fort et ou il faut tirer profit et parti.

Guy Amyot

Je travaille dans une société d'investissement de capital de risque justement dans les secteurs de l'intelligence artificielle et des systèmes experts. Deux observations: première, petite expérience personnelle: on m'a mandaté d'essayer de trouver au Québec des sociétés, des groupes, des projets intéressants dans lesquels investir. Et je pense que j'entérine parfaitement ce qu'on disait tout à l'heure, il y a un besoin de regroupement d'information, de concentration d'énergie pour essayer d'aider les groupes comme le nôtre et il y en a d'autres j'en suis certain, pour essayer de les trouver beaucoup plus facilement que ce que j'ai été obligé de faire. Faire le retour des universités, aller d'expert en expert pour essayer de trouver ces projets là. On a trouvé un certain nombre, on en a analysé des dossiers, on est en processus de négociation dans un certain nombre de dossiers. Et aujourd'hui, j'ai trouvé la journée très intéressante puisque j'ai appris qu'il y a des concurrents à un des projets qu'on étudie actuellement, concurrents peut-être plus avancés. Alors, je pense que ça valait le déplacement. Mais je trouve ça anormal, j'ai peut-être pas fait le tour complet, je trouve ça anormal que l'on puisse pas avoir le lieu de regroupement. Et si le Centre veut donner ce mandat là, moi j'applaudis et j'appuie fortement cette démarche là, je pense qu'il y a un besoin de faire les liens entre les entrepreneurs, entre les chercheurs et les investisseurs qui doivent se rencontrer à un moment donné. Et Dieu sait qu'au Québec, les capitaux de risques sont assez rares. Je pense qu'il ne faudrait pas que les quelques petits groupes qui veulent jouer ce rôle, fassent un mauvais choix au départ. Donc, essayez de nous aider là-dedans. Dernière observation on parle de choix de créneaux, comment faire pour les choisir ces créneaux? J'ai écouté tous les exposés aujourd'hui et c'est à la toute fin qu'on parle de marché. Moi, je vous suggère à ceux qui travaillent dans la recherche, aux organismes coordonnateurs, essayez donc d'impliquer davantage, beaucoup plus tôt, pour une étude de marché, tout l'aspect marketing et commercialisation, avant de vous lancer dans des sommes d'argent astronomiques à l'échelle canadienne à l'échelle québécoise. Vérifiez avant s'il y a un marché. Evidemment c'est l'oeuf et la poule. Dans ces secteurs là, il faut créer un produit. Donc on crée la demande? Je ne suis pas certain que se soit si évident que ça. Il y a des observations sur le marché extérieur à faire. J'ai entendu tout cela et j'ai posé des questions à un certain nombres d'intervenants pour leur dire par exemple: "Qu'est ce que vous faites ici au Centre sur la traduction? Est-ce que vous avez fait une étude de marché? Est-ce que vous y avez pensé? Si j'ai bien compris, ce n'est pas suffisamment avancé, ça viendra plus tard. Moi, je pense: essayons immédiatement de penser au marketing très rapidement dans l'étape de la recherche.

Pierre Isabelle

Je voulais renforcer ce que disait Ruddy tantôt et essayer de contrer un certain pessimisme. Il y a un certain nombre de créneaux où on peut agir et où on a des avantages naturels. Prenons le cas des systèmes experts! Je pourrais parler de traduction mais je suis nettement biaisé de ce côté-là et c'est un cas évident. En général les systèms experts sont des choses qu'on fait à la pièce,des systèmes "ad hoc". On fait pas un système expert qu'on va vendre à 200 000 copies, on en fait un par client sur mesure. On a un avantage naturel à tailler des systèmes sur mesure localement ici quand bien même ce serait uniquement pour des questions de langue. Les compagnies américaines ou japonaises vont hésiter je pense avant d'essayer de s'embarquer dans la construction des systèmes experts adaptés au ministère de l'Agriculture du gouvernement québécois. Il vont rencontrer des petits problèmes. On a des avantages naturels sur lesquels on peut tabler. Si je prends le cas de la traduction, c'est évident aussi les Américains ne se sont jamais tellement intéressés à la traduction. Le Canada dispose du plus grand bureau de traduction au monde, il y a une grande expérience dans ce domaine- là, c'est un créneau. Il y en a sûrement d'autres, je ne vois pas pourquoi on n'irait pas chercher notre part du gâteau de ce côté-là.

Stan Matwin

En essayant de répondre à la question de Paul Hébert, je crois qu'il y a deux créneaux que je pourrais citer: un c'est celui nommé par Ruddy Lelouche, c'est-à-dire toute la question des produits potentiels liés au facteur francophone, peut-être plus en général, au fait que le Canada est un pays bilingue. Peut- être, qu'au niveau mondial, le Canada a la réputation d'être un pays bilingue, ou qui fonctionne assez bien par rapport à d'autres pays où il y a des minorités linguistiques importantes.

Alors, peut-être qu'il y aurait des possibilités à essayer de lancer une industrie de produits orientés vers les aides à la traduction grâce au fait qu'il y a une société qui existe en deux langues. Deuxièmement, je crois qu'un autre créneau, c'est quelque chose que je pourrais nommer "système d'accès intelligent aux documents". Là je crois qu'il y des atouts naturels qui classent le Canada très bien sur ce plan au niveau mondial: premièrement le Canada a une industrie des mass media de niveau international; deuxièmement le Canada, en dépit de ce qu'on peut penser, a une bureaucratie qui est moderne, et qui a une bonne réputation internationale, ce qui est lié au fait qu'il y a une certaine culture d'accès aux documents; troisièmement, le Canada a une assez forte industrie de télécommunication qui, elle, est liée aussi au problème d'accès à des documents à distance. Je crois que ce secteur potentiel d'accès intelligent aux documents qu'on pourrait essayer de définir avec plus de précision d'un autre créneau possible qu'on pourrait mettre sur la liste.

Luc Giroux

Monsieur m'a fait un peu sursauter tantôt quand il a parlé de prendre avantage du fait français. Je pense que les applications du langage naturel en termes linguistiques sont le seul domaine où l'on peut en profiter. Le fait d'être les seuls françophones, à part de nous donner des petits contrats du gouvernement du Québec, ce n'est pas un avantage. Donc, je suis d'accord avec Pierre Isabelle que s'il y a un créneau me semble-t-il où l'on a une certaine avance parce qu'il a été abandonné aux États-Unis pendant un bout de temps, alors que nous on a continué relativement, c'est le marché de la traduction automatique qui a un marché évident au Canada, et aussi un marché international très fort. Et peut-être que là on a une certaine avance, qu'on pourrait essayer de motiver.

René Lamarche

Je suis un petit peu en accord avec ce qu'il vient de dire. L'intelligence artificielle, du moins d'après ce que j'ai compris aujourd'hui, ça demande un investissement énorme pour pouvoir réussir. Je pense que si on se retourne vers nous-mêmes au Québec avec un petit marché de six millions, ce n'est pas suffisant. C'est une question de marché. Quand on regarde un produit, il faut qu'il se vende. Qui va l'acheter? Combien on va le vendre? c'est à partir de tout cela qui'il faut déterminer un créneau. Le fait français, oui c'est bien beau. Mais c'est quoi le marché pour le fait français? nous autres, et la France. Quand le Québec essaie de vendre des produits en France, c'est bien de valeur, on a déjà essayé puis il y a souvent une barrière plus politique qu'autre chose. Le marché au Québec d'après moi, c'est un marché d'abord d'Amérique du Nord. Regardons qui sont les acheteurs, qui sont les consommateurs, et regardons en fonction du marché, qu'est-ce c'est qu'on pourrait développer? Tu regardes le marché, tu regardes ce à quoi tu es bon, tes avantages, puis tu te diriges en fonction des besoins du marché. C'est une approche plus marketing, plus que de recherche pure ou traditionnelle. Je pense que c'est en faisant ça qu'on va réussir dans un domaine comme l'intelligence artificielle. N'oublions pas, je reviens à ce que j'ai dit au début, ça prend beaucoup d'argent, les gens vont investir, surtout l'industrie va investir, puis le gouvernement aussi, s'il y a un marché.

Ruddy Lelouche

Je ne sais pas si je dois me féliciter de vos réactions négatives. Ça stimule les discussions et c'est tant mieux.

Je pense que le marché du Québec, c'est pas uniquement le Québec, c'est tout le monde francophone. Et j'ai lu en particulier dans un numéro de la "Gazette" il semblerait que le Québec soit en phase de souffler à la France le marché des logiciels français.

Pourquoi? parce que les Français se contentent et sont parfaitement à l'aise avec les logiciels anglais et avant de venir ici je venais du Laboratoire d'informatique et sciences humaines à Paris et on m'a dit: "Puisque tu vas au Canada, cherche donc des logiciels français pour le MacIntosh". C'est ici qu'on les trouvera beaucoup plus facilement qu'en France. En plus, je dirais que les Français eux se contentent peut-être des logiciels anglophones, enfin, ce sont les informaticiens qui le font. Ils savent lire les volumes techniques. Mais la secrétaire qui a un traitement de textes, elle préfere quand même avoir des choses en français parce qu'elle ne parle pas anglais, et il y a surtout comme marché potentiel toute l'Afrique.

François Labrousse

Au sujet des créneaux, j'ai l'impression que les discussions portant sur la langue tenaient beaucoup aux volets de l'intelligence artificielle concernant la langue, comme la reconnaissance de la parole, la traduction automatique. Moi, j'ai l'impression que dans le domaine des systèmes experts, le marché est beaucoup plus neutre. Je ne vois pas de problème majeur disons, pour une compagnie américaine, mis à part des problèmes habituels de traduction, de conversation, pour faire un projet de système expert au Québec. Et vice-versa d'ailleurs. Notre chance là-dedans n'est pas plus mauvaise que n'importe qui d'autre comme les Français par exemple, toute chose étant égale par ailleurs.

Ce que je pense par contre, on n'a peut-être pas à l'heure actuelle l'occasion d'une part de développer l'expertise parce que la situation des centres de recherches, n'est-ce pas qu'ils ont peu d'argent. Je pense qu'à l'heure actuelle, il y a peut-être en effet un élément dynamique qui manque et qui est peut-être l'existence de projets majeurs d'une part. D'autre part, l'existence de liens avec le Centre, je soucris entièrement à ce qui a été dit sur le besoin de mieux faire connaître à l'intérieur de la communauté, pas seulement la communauté d'intelligence artificielle, mais plus que ça.

Je crois qu'il y a un potentiel d'intelligence artificielle en général à faire connaître aux gens de l'informatique. Il y a beaucoup d'informaticiens classiques qui ignorent à peu près complètement ce qu'est réellement l'intelligence artificielle. Il y en a même qui pensent que c'est de la micro-informatique. Je crois qu'il y a quelque chose à faire là-dedans. Je pense que des organismes comme le CCRIT peuvent certainement faire quelque chose, qu'il a un rôle à jouer assez important. Je crois qu'il y a un problème de transfert d'expertise aussi, comme dans toute nouvelle technologie qui s'est développée dans les centres universitaires. Il y un besoin de transfert qui peut se faire par les gens d'université qui quittent pour fonder des entreprises, ou ils pourront aller ailleurs. Mais ça n'a pas d'effet multiplicateur. Ça déplace le problème, parce que s'il part de l'université, ça fait un trou à l'université. Donc, il y a un mode de transfert

d'expertise qui à mon avis va se faire justement de manière optimum dans la réalisation de projet, et si possible des projets majeurs.

Bon, je retrouve le problème sous une autre forme. Qu'est-ce qu'ils vont contenir ces projets majeurs-là? Là, évidemment, il y a un problème d'identification, je crois qu'en faisant connaître le potentiel d'intelligence artificielle on risque de susciter la naissance de ces projets majeurs. On voit à l'heure actuelle des projets de développement en informatique traditionnelle qui sont de l'ordre de plusieurs millions de dollars. Il me semble qu'on pourrait arriver à faire greffer là-dedans, justement s'il y avait une diffusion d'information sur les capacités de l'intelligence artificielle, d'insérer dans ces projets-là au moins un volet d'intelligence artificielle, qui pourrait après faire boule de neige. Je crois ensuite que l'existence de ces projets majeurs, outre l'effet de transfert d'expertise, de constitution de noyau d'expertise suffisamment fort, c'est une question de masse critique comme vous le savez. Il y aurait ensuite la possibilité de faire connaître notre expertise à l'extérieur. Au Québec, il y a eu l'expérience à plusieurs reprises de projets majeurs qui après, ont eu des retombées sur les marchés internationaux. Je pense que l'accès à la documentation serait un élément.

Richard Parent

Je veux intervenir sur la langue et les systèmes experts. Dans la conception de la journée d'Atelier, j'avais juxtaposé systèmes experts et langue naturelle en espérant que les liens surgiraient. Ça ne s'est pas tout à fait passé.

Ce qu'ils ont compris en France avec le rapport Cassen qui est sorti en novembre dernier à peu près, ce qui a été dit au sommet francophone, et ce que le Conseil de l'Europe a constaté dans un congrès à Tours où l'on discutait le rapport Cassen à la fin du mois de février, c'est que la langue change de statut en informatique! Quand on utilise un tableur ou le logiciel SPSS, il y a quelques dizaines de mots anglais dedans, ça correspond à des concepts statistiques très bien connus, alors, il y a peu de malaise avec "ANOVA" ou avec "mean", etc. Mais quand on parle de systèmes experts, les connaissances, comment est-ce qu'on va les représenter? On les représente un peu en mathématique, on les représente en logique, on peut les représenter par des graphiques, mais très vite on a épuisé tout ces autres moyens non linguistiques d'exprimer des connaissances. Très vite on se confronte au problème de la langue.

La langue en informatique, ça devient important pour deux raisons: à la fois parce qu'on essaie de développer des logiciels qui parlent autant que possible la langue de l'usager. Les informaticiens étaient prêts à faire tout le chemin, mais l'usager normal, il n'est pas prêt à faire le même chemin, d'apprendre un sous langage en informatique comme Fortran. Donc à cause du problème

es interfaces, dû à la multiplication des usagers puis à cause, et là on tombe dans la profondeur conceptuelle de ce qu'on met dans la machine pour le traitement symbolique, à cause des représentations des connaissances, on est très vite obligé de les représenter sous forme linguistique. C'est à cause de ça que pour la langue française en informatique, l'enjeu est si important aujourd'hui. Je le vis dans mon travail actuellement, où des francophones qui travaillent pour développer des systèmes experts, sont obligés d'acheter un outil logiciel anglais pour travailler. Ça a de l'importance; d'abord parce que l'outil logiciel comporte de la terminologie, ce qui est plus facile parce que les lexiques permettent de se donner des tables d'équivalence: mais quand on arrive au niveau de la syntaxe (parce qu'on demande une explication dans un système expert, Why? How?) la formulation, la façon dont dans le code sont inscrites des règles grammaticales pour permettre la génération de la phrase, pour que la phrase soit générée avec la bonne syntaxe, et quelle aille chercher à la règle 563 le petit message qui y est attaché à cette règle-là pour afficher à l'usager.

Donc avec les systèmes experts on ne pourra pas se débarraser du problème de la langue aussi facilement qu'avec les 30 ans de tradition qu'on a en traitement prédominamment numérique. On est à l'ère, on arrive à l'ère du traitement symbolique, après celle du traitement numérique. On arrive à autre chose, au traitement symbolique non-numérique, dans lequel il n'y a pas tellement de place à part de la langue. Et c'est pour ça que la langue française en informatique, c'est important.

Pour me référer aux trois éléments de Paul Hébert, les alliances dans ce cas-ci sont très claires: il y a plusieurs alliances à faire, puis la langue anglaise sera toujours dominante en informatique, on va toujours suivre ce qui se passe chez les anglophones parce que les Américains dominent l'informatique mondiale. Ça fait qu'on va toujours regarder ce qui se passe là! Mais quand on regarde les alliances à faire, eh bien, une alliance francophone en 1986, c'est le temps de se brasser, pour profiter de ce qui est en train de se passer, la France a fait des offres, il y a eu le sommet francophone, il y a un momentum politique, il y a des alliances francophones à faire. Puis ça adonne bien au moment où on aborde le niveau du système exert.

Et quand on parle d'"action structurante", c'est un peu plus difficile de me brancher à ce moment-ci, mais le rapport dont je vous ai parlé tout à l'heure est à considérer. Le Centre d'analyse de textes par ordinateur a sa façon de regarder les problèmes. On leur a demandé de faire quelque chose qui les faisait déborder un tout petit peu le cadre traditionnel de leurs logiciels. On leur a demandé de produire un rapport: "potentiel d'application de DÉREDEC en bureautique". Ce rapport n'est pas actuellement dans la forme pour une action structurante, mais il est fait pour consulter des universitaires, d'autres chercheurs, des investisseurs. Avec ce rapport-là on espérerait en aboutir à l'identification

d'action structurante. Il y a une sensibilisation qui se fait et je vous invite donc à regarder cette chose comme une action structurante possible, et à ne pas sous-estimer les nouveaux problèmes qui se posent pour la langue à cause justement de l'essor de l'intelligence artificielle.

André Poitras

Je vais vous parler de trois choses. Je ne peux pas évaluer l'importance de la langue dans les systèmes dits d'intelligence artificielle, jusqu'à quel point ils sont importants. Je ne toucherai pas à ça. Ce que je vais dire, c'est que le marché traditionnel du Canada était l'Amérique du Nord, donc les Etats-Unis. Les Etats-Unis en terme de traduction je pense qu'ils ne voudront pas avoir la langue française. L'Afrique d'après ce que j'en sais aujourd'hui, j'y suis allé à l'époque, ça a été une porte tournante pour les compagnies canadiennes qui sont maintenant encore beaucoup plus en Asie qu'elles sont en Afrique. Donc, il va falloir garder ce marché-là. Alors, s'il y a un intérêt pour la langue, je pense qu'il faut regarder deux marchés, le marché nord-américain et le marché de l'Asie. Si ça fonctionne toujours bravo, et si ça fonctionne pas, il faut l'oublier.

La deuxième chose dont je veux parler, c'est que il y a un mouvement qui se fait dans le domaine de l'informatique: de ce qu'on appelle les services informatiques, par exemple les firmes de consultation, vers des logiciels. On ne demandera plus à des gens, on va acheter des logiciels et on va les utiliser. On n'a plus besoin d'experts, mais des logiciels. Donc, il faut que les gens investissent dans ce domaine de création de logiciels et ça demande une masse critique. Je pense que de façon culturelle, au lieu de se payer des grandes entreprises ici avec des gros "boss" sur qui on chercherait à taper, à cause de la culture francophone on s'est mis un gros système qui est le gouvernement. Les grosses entreprises au Québec, ce sont des organismes gouvernementaux. Donc, il faut se dire une chose, c'est qu'on a des grands organismes gouvernementaux qui représentent le pendant des "General Motors" américains, puis eux-autres peuvent aider à bâtir des choses. Je pense que c'est de valeur quand on se dit qu'on est obligés encore de demander au gouvernement. Mais de façon culturelle on s'est payé un gros gouvernement, et je pense que c'est à lui à le donner en sens inverse, pas en subventions, mais en contrats.

Robert Dupuy

Je trouve ça frustrant des affaires de même, parce que tu as le goût de répondre à 22 personnes et tu es toujours le 28ème sur la liste. Ça fait quelques années, que je galvaude dans le domaine

des communications, je suis toujours surpris de ce débat, le débat qu'on vient d'avoir est super éternel et présent, et probablement qu'il est extrêmement fondé: le débat sur la langue. Puis qu'est-ce qu'on est dans la société? Qu'est-ce qu'on va faire? On va se faire écraser par quelqu'un quelque part, ça n'pas d'allure. En ce sens-là j'ai envie de vous inviter au congrès de l'ARCQ, évoquant l'invitation de Jocelyne ce matin, où justement on va se poser encore le même problème "C'est quoi un produit culturel au Québec?" on va parler du logiciel, du cinéma, etc. En ce sens-là, les questions qui se sont posées tout à l'heure sont extrêmement opportunes, je suis toujours surpris de voir qu'on en revient à la langue, est-ce un atout ou un problème? Oui, puis non, tout ça, et il y a toute sorte d'affaires. J'ai bien aimé l'intervention de Richard qui cependant apportait quelque chose de particulier à l'intelligence artificielle, parce que tout à l'heure on sortait des problèmes qui s'appliquaient peut-être en intelligence artificielle, mais qui étaient extrêmement plus généraux. Par rapport à l'intelligence artificielle justement, c'est la façon dont on pense, la façon dont on stocke des connaissances puis des informations. C'est super-relié avec notre structure de pensée, notre structure linguistique.

Mais ce que nous proposent surtout les travaux d'intelligence artificielle, c'est vraiment un concept d'innovation, de changement, de modification d'attitude face au traitement d'information, et face à cette "sociétée d'information" qui s'en vient: Cette innovation-là nous-autres pour rassurer les pessimistes dont je suis, probablement qu'au Canada dans les nouvelles technologies on a réussi à faire des petites affaires. Je ne parlerai pas du vidéotex-là. Il y a quand même des cas qui se sont produits auparavant où on a vu au Canada et au Québec une certaine qualité d'innovation. On l'a vu dans la chanson d'ailleurs, on l'a vu dans les nouvelles technologies, on sait que nos ingénieurs s'exportent bien, peut-être pas nos produits mais notre savoir-faire s'exporte, il y a des choses qui se produisent.

Ce qui est intéressant face à l'intelligence artificielle, c'est un facteur d'innovation qui nous oblige à penser d'une façon assez différente. Ce qui est rendu nécessaire par la multiplicité des usagers: de plus en plus, ce n'est pas les spécialistes qui travaillent sur les systèmes "plogués" quelque part sur un ordinateur. Avant c'était juste les informaticiens qui avaient le droit. Aujourd'hui, de plus en plus c'est tout le monde. Alors ces gens-là vont vouloir de plus en plus avoir des interfaces en langage naturel, ou en tout cas très près du problème sur lequel ils travaillent, et capables de leur dire des choses plus significatives qu'erreur #37,C. D'autre part, il y a de plus en plus d'information. Bon, ces deux affaires là vont ensemble. Pourquoi on peut faire quelque chose en intelligence artificielle? Hypothèse: c'est qu'en intelligence artificielle, on peut travailler avec des petites unités, c'est sûr qu'il y a des affaires qui vont demander 3 200 règles, ouf, c'est de l'ouvrage. Mais tu peux travailler avec de petites unités en intelligence artificielle. A

ce que je sache, le projet Déredec n'a pas demandé 50 personnes qui travaillent, et un budget de 12 millions et quart par année ou quelque chose du genre, et pourtant voilà un exemple, une "gang de fous" qui a fait des affaires sympatiques, qui finalement a fait le tour du monde jusqu'à un certain point.

Il y a une autre affaire aussi, c'est une évolution, en informatique, des méthodes: avant, programmer c'était de l'or, ensuite c'est devenu une méthode, ensuite on part d'un outil de génie logiciel, etc. Puis là, une chose qu'il faut comprendre, c'est que les méthodes que nous offre l'intelligence artificielle pour répondre à un problème, c'est pas nécessairement une méthode qui répond mieux aux problèmes qu'une autre méthode, mais c'est une méthode qui est souvent plus facile à mettre en oeuvre, plus facile à adapter, à modifier, à "débogger", etc. La programmation par système expert, dans certains cas, est plus rentable, plus économique en terme de développement qu'en utilisant des langages; donc souci de productivité, et souçi de modification, etc. Ça ne demande pas du matériel super. Evidemment, on peut parler de machine, d'ordinateur assez complexe. Il y a d'autres types de compétences qu'il faut comme des cogniticiens et des gens comme ça. Et surtout des gens qui sont capables de décrire le problème, puis de comprendre leur problème. On a beaucoup moins besoin de fabricants de "chips", et ça c'est moins lourd comme système, c'est plus "soft" et il y a peut-être un avenir de ce côté-là. C'est ce grand changement d'attitude face à l'informatisation, ce déplacement, virage vers la transparence pour pouvoir accéder, par tout le monde, pour tout le monde, à toutes sortes de types d'utilisation. Ça c'est vraiment ce qui rend le concept d'intelligence artificielle intéressant.

En terminant, les créneaux dans lesquels je pense qu'on peut certainement forcer puis travailler, puis trouver des affaires innovatrices et qui sont en fait jusqu'à un certain point une continuité avec des choses qu'on a déjà faites auparavant. C'est tout l'aspect de la bureautique au sens strict du terme, l'aspect du développement de système (sont-ils carrément intelligents ou pas carrément intelligents, les frontières sont peut-être difficiles à faire), mais j'étais intéressé par ce qui a été présenté tout à l'heure. Bon, est-ce rentable au plan du marché? On peut supposer que oui, on peut supposer que non, je ne sais pas. Il y a du travail à faire de ce côté-là: la question de développer les principes d'ergonomie. Vous savez que le contexte du travail de bureau est en train de changer, alors je pense qu'il est important d'y travailler.

Il y a un créneau qu'on n'a pas abordé ici aujourd'hui et à mon sens qui me semble important surtout dans le contexte de l'informatisation du travail, c'est celui, non pas d'éducation parce que c'est trop large, mais de la formation. La personne qui est en recyclage ou qui est en travail assisté par..., tout cet aspect-là a été bizzarement évacué aujourd'hui, ça serait peut être intéressant d'en reparler, pas aujourd'hui mais dans un autre contexte.

Voilà à mon sens deux domaines dans lesquels, en tant que Québecois je me sentirais outillé pour travailler et intéressé, et en tant que Canadien éventuellement, ce sont des choses qui peuvent intéresser "un paquet de monde", et sans avoir peur d'un rouleau compresseur, et sans avoir peur d'un ghetto linguistique, parce que ce sont des compétences transférables.

Pierre Isabelle

Il y a une distinction qui serait intéressante à faire entre des produits d'intelligence artificielle pour consommation de masse. versus des produits destinés à répondre à un besoin particulier et taillé sur mesure. Je soulève cette question-là parce que plus tôt il y a des gens qui disaient que ça prend des capitaux absolument faramineux pour faire quelque chose en intelligence artificielle. Peut-être que si on vise les produits de masse, c'est probablement vrai parce que là on va devoir compétionner avec les Américains, avec les Japonais, avec tout le monde. Il faut arriver avec un produit qui est prévu de façon à satisfaire une foule de contraintes en même temps et qui est compétitif sur le plan du prix et tout. Par contre, lorsqu'on s'attaque à des créneaux beaucoup plus "ad hoc" pour résoudre un problème en particulier, ça ne prend pas des montagnes de ressources. Un système expert pour résoudre un problème de Monsieur X, mettez deux ou trois personnes qui ont peu d'expérience là-dessus, et ils vont le faire assez vite. Un système pour résoudre un problème particulier de traduction dans un domaine simple, mettez deux experts, trois experts pendant 6 mois à 1 an, ils vont le faire si le problème est soluble. Mais c'est pas des choses qui nécessitent des milliards. Il est question de mettre quelques dizaines, ou quelques centaines de milliers de dollars puis ça ne semble pas vraiment le problème.

Le problème c'est peut-être davantage d'inciter des spécialistes à prendre ces directions-là et à rester au pays. Il y a des gens qui ont fait ressortir dans le cadre d'une discussion au Conseil des sciences à Ottawa que 80% des gens au Canada qui avaient des diplômes en informatique avec spécialisation en intelligence artificielle étaient maintenant aux Etats-Unis. Ce sont des faits inquiétants. Pourquoi sont-ils là? Je n'en vois pas souvent des offres d'emploi dans nos journaux en intelligence artificielle. C'est là que l'action se passe, mais en voyez-vous souvent des offres d'emploi en intelligence artificielle au Québec?

Michèle Guay

On est arrivé avec de nouvelles connotations, on avait le marché, on a eu quelque bémols sur le Nord-Américain, on a fait des corrélations avec la culture et la langue et le fait que les systèmes experts incorporent une dose impressionnante de culture et de facteur linguistique, je pense qu'on est dans le coeur du débat.

Ruddy Lelouche

Je voulais répondre à l'intervention qui vient d'être faite, je crois que c'est vrai qu'on peut développer des systèmes experts "ad hoc", mais je ne pense pas que ça puisse se faire en quelques mois. Il y a une chose qui a été un peu évacuée ce matin à propos des exposés sur les systèmes experts, c'est le rôle absolument crucial et fondamental de la connaissance d'une part, et d'une bonne modélisation et représentation de cette connaissance. J'ai été surpris que les gens qui ont parlé des systèmes experts aient pratiquement évacué le problème. Alors que c'est là-dessus qu'est fondé un bon système expert. Lorsque vous abordez un problème nouveau, un problème "ad hoc", donc un nouveau domaine d'expertise ou un nouveau domaine de résolution de problème, il ne faut pas sous-estimer la longue et difficile interaction qui'il y aura entre l'expert du domaine ou en résolution de problème d'une part, puis l'informaticien ingénieur de la connaissance d'autre part. C'est qu'il y a un problème de dialogue qui va se poser d'abord ensuite un problème de modélisation, ensuite un problème de choix de l'outil ou du langage etc. et à ce moment là seulement on peut mettre l'expertise dans la machine.

Bernard Espinasse

J'irais dans le sens de Pierre Isabelle, je pense que le voisin américain prend vraiment beaucoup de place. Je pense qu'au Québec on souffre d'un complexe d'infériorité et ce complexe d'infériorité on l'a aussi en Europe. Depuis quelques années, je m'intéresse au domaine d'intelligence artificielle, et j'ai des collègues qui sont à la pointe en systèmes experts. Les Américains mettent beaucoup de dollars, mais il n'y a pas de recette magique. Ça ne veut pas dire qu'il va en sortir cent fois plus de concepts qu'une petite équipe d'ici par exemple, malgré des moyens beaucoup plus limités.

Au niveau des centres de recherche, l'Europe se réveille et se met à damer le pion aux Etats-Unis. Le problème d'investissements est relatif puisqu'il y a plus de la moitié des investissements faits au Québec qui proviennent des Etats-Unis. On n'a pas à avoir peur de cette situation.

Un système expert, malgré le nombre de règles élevé, ce n'est pas si compliqué que cela. Ce n'est pas une chose monstrueuse, on n'a pas besoin de moyens énormes pour les développer. Il faut se mettre "les mains dans la graisse" et on s'aperçoit qu'on arrive à un petit prototype, et ça démarre.

Concernant la question du Québec, la langue est un point fort bien sûr, mais il y a aussi l'aspect culturel, qui a souvent causé certains problèmes, mais qui favorise la formalisation sur certains points...

Daniel Delmas

Trois petits points. Je voudrais répondre à Ruddy Lelouche à propos de la représentation des connaissances: effectivement, on n'en a pas énormément parlé ce matin, on a rapidement dit que la méthode était un petit peu empirique dans la saisie des connaissances de l'expert et dans la plupart des cas les systèmes experts actuels tournaient avec des règles "si-alors". Ce qui fait qu'à mon avis d'ailleurs, le problème de la culture qu'on évoquait tout à l'heure à propos de la réponse à une question qui dit "pourquoi est-ce qu'un système expert d'origine américaine, asiatique ou européenne construirait la phrase différemment?" c'est un problème intéressant mais qui en fait est un problème encore de recherche. Donc, ce n'est pas encore de l'apprentissage automatique de concepts sur des systèmes experts commerciaux. C'est un problème important, mais plutôt pour l'avenir.

D'autre part, face à ce vocabulaire nouveau, cogniticien, acquisition d'expertise, il faut quand même se placer aussi à l'intérieur de l'entreprise: à savoir si une entreprise investit dans un système expert soit! c'est qu'elle a un objectif à atteindre. Si elle ne disposait pas de ces technologies ou, si elle voulait en employer une autre, il faudrait quand même quelle développe une technologie pour atteindre le même objectif. C'est pas gratuit à l'intérieur d'une entreprise de chercher à atteindre une expertise dans le forage pétrolier ou en détection de vibrations dans un bulle de réacteur nucléaire. Donc, je pense qu'il faut quand même essayer de faire des comparaisons entre le travail du cogniticien en système expert et le travail de l'analyste-programmeur dans la programmation classique. Et il y a effectivement très peu de données à l'heure actuelle pour comparer ces deux machines. Ça m'amène un petit peu à l'aspect formation qui a été évoqué par Robert Dupuy tout à l'heure. Je pense que c'est la responsabilité des universitaires des facultés d'informatique que de former des gens à cette technologie et que ça se passe assez bien. On a fait une enquête à Polytechnique sur l'enseignement de l'intelligence artificielle en France et au Canada rapidement, on a vu que dans l'ensemble ça se passait pas trop mal. Les professeurs sont receptifs, l'enseignent aux étudiants, et là-dessus je dirais qu'au niveau de Montréal on est quand même très bien placé. Actuellement, on dénombre 31 cours gradués qui sont reliés à l'intelligence artificielle. On a vu la liste qui est sortie dans la revue "Canadian Artificial Intelligence". Trente et un cours: il y a affluence à ces cours. Ça varie entre 10 et 40 personnes. Si on divise par le nombre de trimestres, par le nombre de cours, on arrive effectivement malheureusement à un chiffre très faible en terme de Ph. D. Mais quand même, en terme de sensibilisation, je pense qu'il y a un effort de formation qui est correct au niveau de Montréal.

Sur l'utilisation de l'intelligence artificielle en formation, moi, j'ai tendance à dessiner 3 buts: on veut former les gens à un domaine, donc il faut un système expert du domaine. On emploie une méthode pédagogique, donc il faut un système expert en pédagogie et ensuite l'usager, c'est ce qu'on a évoqué ce matin à propos de l'ergonomie, il faut un système expert sur l'usager. Donc ça fait trois systèmes experts au lieu d'un. Alors, ici je serais très prudent sur les développements actuels.

Dernier point à propos des offres d'emploi, oui effectivement dans certains journaux on voit des offres d'emploi. A Montréal, on a quelque étudiants à Polytechnique qui n'ont pas vu passer l'offre d'emploi dans les journaux, mais qui ont déjà des emplois par des compagnies dont il y a peut-être des représentants ici. On s'est dit, tiens?, on a besoin de s'initier, de lancer un certain mouvement, on prend un jeune qui sort, qui a suivi un bagage minimum, et puis on y donne un regard complet. Ça je crois que c'était aussi une réponse assez intéressante de la part d'entreprises montréalaises que d'embaucher des gars finissants du bacc ou finissants à la maîtrise ayant fait un peu, très peu, ou beaucoup d'intelligence artificielle.

André Poitras

Tout à l'heure vous faisiez allusion à la formation. Je pense qu'il va falloir une formation qui est très grande des gens pour l'utilisation en informatique dite actuelle, je pense à la micro-informatique. Par contre, ce qu'on disait tout à l'heure, il va y avoir des développements "ad hoc" dans des ministères ou des organismes peu importe, mais il faut dire une chose: ces systèmes-là vont remplacer des systèmes traditionnels qu'on développe actuellement donc. La masse monétaire qu'on utilise actuellement dans le développement de systèmes dit "ad hoc" va diminuer à cause de la productivité des logiciels. Or moi, je me dis que dans l'intelligence artificielle, il va falloir distinguer deux choses; le développement de ces moteurs d'inférence ou des systèmes qui vont permettre d'utiliser l'intelligence artificielle, du développement "ad hoc", du développement propre à l'individu. Or, ce qui veut dire que ceux qui vont développer, puis là j'imagine IBM et autres, qui vont développer ces moteurs d'inférence et ces langages naturels qu'il vont nous envoyer ici, eux vont vendre carrément ces logiciels; et nous ce qu'on va faire, c'est dans le domaine du service, c'est d'appliquer ces systèmes-là dans les organismes ou dans des entreprises privées. Mais ça va diminuer le marché du service pour augmenter le marché de ce logiciel qui aura été développé par les autres. Parce que le gros moteur d'inférence et le grand système avec des langages naturels ça va demander ça des millions de dollars et ce ne sont pas des petites entreprises qui vont réussir à les développer, ça c'est mon avis.

Pierre Isabelle

La question des marchés pour les systèmes d'intelligence artificielle a été soulevée assez souvent. C'est pas toujours facile de faire une étude de marché, c'est pas comme une boîte de savon, une marque de savon qu'on va tester sur le marché. En fait le problème sur lequel on se butte d'abord c'est souvent de trouver des débouchés, de trouver des problèmes sur lesquels on peut appliquer nos solutions. On a des solutions et on cherche les problèmes, c'est souvent comme ça que ça se présente.

Peut-être qu'une chose qu'il faut envisager, en tout cas nous autres on l'envisage sur le plan de la traduction automatisée, c'est de d'abord assayer de faire la meilleure caractérisation possible de quel genre de problème on est capable de résoudre compte tenu d'un certain état technologique. Puis deuxièmement, après qu'on a fait cette caractérisation, de faire une fouille plus ou moins systématique du marché pour voir s'il y a des problèmes qui répondent à la description-type qu'on en fait. Ça c'est peut-être quelque chose qui devrait être fait pour les systèmes experts. Je lance comme ça l'idée qu'un jour le ccrit pourrait collaborer à le faire.

Bernard Espinasse

Concernant la formation en intelligence artificielle, je pense qu'il est grand temps que l'intelligence artificielle sorte des départements d'informatique. C'est-à-dire que ça aille dans différent domaines comme j'en vis l'expérience en administration. Parce que ces problèmes-là ce sont des gens du domaine qui les connaissent. C'est vraiment très important. Donc, il faut arriver, sans viser à être des rois de l'inférence, à manipuler du symbolique.

Michèle Guay

Après cette dernière intervention du débat, je demanderais à Paul Hébert s'il veut ajouter quelque chose en conclusion.

Paul Hébert

Je pense que ça serait difficile d'ajouter à des perceptions aussi riches.

Michèle Guay

Je voudrais remercier vraiment tous ceux qui ont participé. Je pense qu'il y a un bénéfice évident pour tout le monde, ce fut un rafraîchissement par rapport à nos tâches quotidiennes que de voir et d'entendre des choses intéressantes et créatives. Monsieur Lelouche veut ajouter quelque chose, allez-y.

Ruddy Lelouche

Je veux faire une conclusion très brève. Un expert c'est quelqu'un qui en sait de plus en plus sur un créneau de plus en plus étroit, jusqu'à ce qu'il sache absolument tout sur absolument rien.